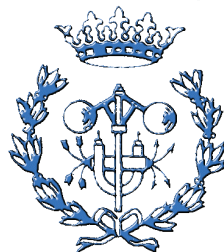


Proyecto Final de Carrera
Ingeniero Industrial

**La arquitectura en edificios de oficinas.
Clasificación de fachadas según cumplimiento
del CTE**

- ANEXO A: Consideraciones generales sobre la arquitectura de un edificio de oficinas**
- ANEXO B: Fachadas**
- ANEXO C: Cubiertas**
- ANEXO D: Divisiones interiores del edificio**
- ANEXO E: Datos climáticos de la ciudad de Barcelona**
- ANEXO F: Datos acústicos de la ciudad de Barcelona**
- ANEXO G: Acciones en la edificación en fachadas de edificios de oficinas**
- ANEXO H: Ahorro de energía en fachadas de edificios de oficinas**
- ANEXO I: Protección frente al ruido en fachadas de edificios de oficinas**
- ANEXO J: Salubridad en fachadas de edificios de oficinas**
- ANEXO K: Seguridad en caso de incendio en fachadas de edificios de oficinas**

Autora: Marta Rosell Grau
Directora: Laura Ivern Oliveras
Ponente: Pere Alavedra Ribot
Convocatoria: Septiembre 2009 (plan 94)



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Sumario

<u>ANEXO A:</u> Consideraciones generales sobre la arquitectura de un edificio de oficinas _____	3
<u>ANEXO B:</u> Fachadas _____	9
<u>ANEXO C:</u> Cubiertas _____	41
<u>ANEXO D:</u> Divisiones interiores del edificio _____	61
<u>ANEXO E:</u> Datos climáticos de la ciudad de Barcelona (Observatorio Fabra) ____	79
<u>ANEXO F:</u> Datos referentes al ruido de la ciudad de Barcelona _____	93
<u>ANEXO G:</u> Acciones en la edificación en fachadas de edificios de oficinas _____	109
<u>ANEXO H:</u> Ahorro de energía en fachadas de edificios de oficinas _____	133
<u>ANEXO I:</u> Protección frente al ruido en fachadas de edificios de oficinas _____	153
<u>ANEXO J:</u> Salubridad en fachadas de edificios de oficinas _____	167
<u>ANEXO K:</u> Seguridad en caso de incendio en fachadas de edificios de oficinas ____	179





ANEXO A: Consideraciones generales sobre la arquitectura de edificios de oficinas



ANEXO A: Consideraciones generales sobre la arquitectura de edificios de oficinas

Sumario

A.1	Implantación del edificio.....	4
A.2	Orientación del edificio.....	5
A.3	Imagen del edificio.....	6
A.4	Estrategias.....	6
A.4.1	Fachadas.....	6
A.4.2	Cubiertas.....	7
A.4.3	Entorno próximo.....	8

A.1 Implantación del edificio

En el momento de implantar un edificio de oficinas, se ha de tener en cuenta que el emplazamiento de la edificación delimita las exigencias de los requerimientos de la piel. Las condiciones climáticas y el entorno próximo, serán cruciales en el diseño y elección de la piel de un edificio de oficinas.

Bajo las premisas de la situación, del entorno y de la estrategia de la operación del edificio se valorarán los requerimientos de fachadas y cubiertas. Éstos se pueden distinguir entre tres grandes grupos: los requerimientos estéticos y estratégicos, los requerimientos energéticos, regidos y delimitados por el correcto cumplimiento de la normativa (CTE), y los requerimientos medioambientales.

La estética y el aporte de valor y “status” a la edificación forman parte de los requerimientos estratégicos y estéticos.

Dentro de los requerimientos energéticos se incluyen los relacionados con la calidad del aire interior, el confort térmico y el acústico.



Los requerimientos medioambientales se distinguen dos tipologías: los exteriores, como puede ser la adecuación al entorno, y los interiores que están basados en el confort general de los usuarios, que incluye una correcta iluminación y una máxima calidad del aire.

A.2 Orientación del Edificio

La orientación del edificio es un factor determinante para un diseño energéticamente eficiente. Mediante el conocimiento del ciclo solar diario y estacional se puede estimar una valoración de las ganancias térmicas recibidas en la piel del edificio en función de su orientación.

Según definición del CTE, las fachadas se agrupan en 6 orientaciones, según el ángulo que forma el norte geográfico y la normal exterior de la fachada.

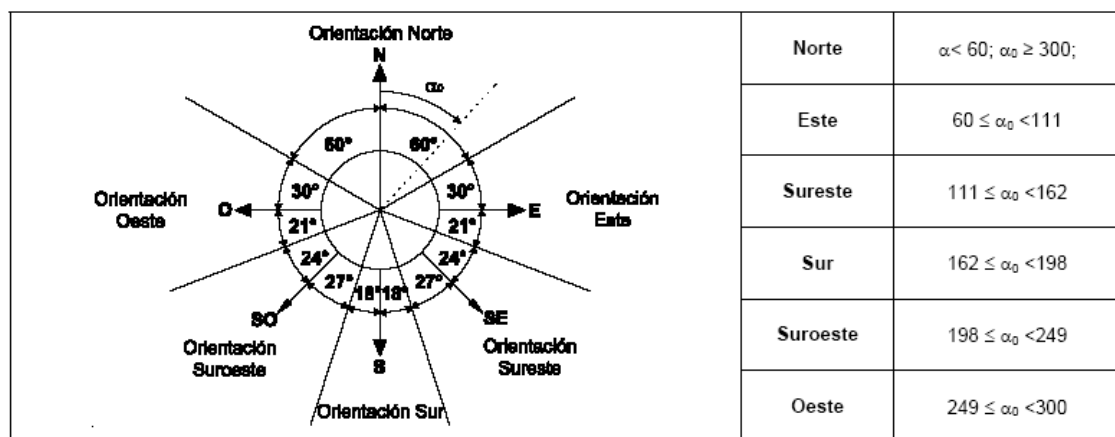


Figura A.1: Orientaciones de las fachadas. (Fuente: CTE/DB-HE)

A partir de la orientación de las distintas fachadas se resolverá la ubicación de los diferentes espacios interiores respecto a las diferentes caras del edificio.

Teniendo en cuenta la ganancia térmica de las diferentes fachadas, convendría ubicar todas aquellas áreas que no prioricen el confort continuo como pueden ser las áreas de servicio, archivos, escaleras... en la cara Oeste, éstas deberán estar bien ventiladas y con pocas aberturas para evitar sobrecalentamientos. Los espacios de trabajos se recomienda ubicarlos principalmente en la fachada Norte pudiéndose utilizar complementariamente la Este. En la



fachada Sur es recomendable ubicar las zonas nobles, como podrían ser despachos de directivos y zonas de descanso. En la fachada Norte el número de huecos debe ser limitado y en la Sur, debido a la gran incidencia solar en verano, se deberán instalar protecciones solares.

A.3 Imagen del Edificio

En un edificio de oficinas, los cerramientos exteriores cobran especial relevancia ya que en esta tipología de edificios no son sólo cerramientos, sino que también transmiten la imagen de la empresa, aporta valor y estatus a la edificación. Un edificio de oficinas con una fachada y cubierta singulares puede añadir a la imagen de la empresa modernidad y progreso.

Si la finalidad de la construcción de un edificio de uso administrativo es la venta o el alquiler, el diseño de la piel estará en función de la estrategia de venta. En el caso que el mismo promotor sea el usuario del edificio, frecuentemente se desea que la imagen de éste identifique a la empresa.

A.4 Estrategias

A.4.1 Fachadas

Las fachadas no solo conforman parte del cerramiento de una edificación, son elementos cruciales para un buen diseño del conjunto de un edificio de oficinas. En la elección de la solución de los cerramientos se ha de tener muy presente que en ellos van implícitos los conceptos de identidad del edificio y de imagen de empresa entre otros. Un buen diseño repercutirá al ahorro energético y al confort de los ocupantes, no olvidando el valor añadido que puede proporcionar la estética de la fachada a la empresa.

La solución escogida o diseñada condicionará a otros aspectos constructivos del edificio, como puede ser la climatización a producir en el interior, tipo de estructura, tipo de cubierta, etc. Se entiende así, que la fachada no es un elemento que precisa de un estudio aislado, independiente al resto de los demás aspectos del edificio.



En relación a la orientación de las fachadas, se deberá tener en cuenta sus ganancias térmicas, en primavera y otoño fachada Este y Oeste serán las más críticas, la fachada Sur deberá ser diseñada teniendo en cuenta la gran ganancia térmica en verano, esta fachada deberá disponer de un sistema de barrera convenientemente situado delante de la fachada ya que su rendimiento es mayor que si se sitúa en la parte interior del edificio.

Además de tener en cuenta las ganancias térmicas, se deberá disponer de un correcto aislamiento térmico, se optará por la solución idónea dependiendo de la tipología de la fachada. En fachadas acristaladas se ha de seleccionar el tipo y propiedades térmicas del cristal teniendo en cuenta el aislamiento térmico a obtener, serán mucho más eficientes las de vidrio doble con tratamientos de baja emisividad (Low-E). En muros se deberá disponer de aislante térmico en la parte exterior incrementando la masa térmica.

En referencia al control lumínico, las ventanas deberán tener preferentemente orientación Sur y en menor medida orientación Norte. Si la orientación del edificio obliga a situar las ventanas en fachadas Este u Oeste se deberá disponer de una depurada protección solar con persianas móviles, se desaconsejan las persianas fijas. En ventanas de gran altura se aconseja disponer de pantallas reflectoras que dirijan la luz hacia la parte profunda de la estancia.

A.4.2 Cubiertas

El nivel de insolación que reciben las cubiertas, generalmente es importante. Para reducir la insolación se puede utilizar una sobrecubierta. En el espacio comprendido entre la cubierta y la sobrecubierta existe una circulación de aire que proporciona una reducción de energía radiante sobre la cubierta. Se ha de tener en cuenta, que la existencia de una sobrecubierta hace que la altura de la edificación aumente y se debe tener en consideración la altura reguladora y las condiciones de la misma, pues en la mayoría de los casos su instalación computa en el cálculo de la altura construida.

El uso de chapas de aluminio en la capa externa de la sobrecubierta contribuye a minimizar la insolación de la cubierta, al absorber el aluminio únicamente el 3% de los rayos



infrarrojos. Se ha de tener en cuenta la posible problemática derivada del efecto reflejante de la chapa sobre el tráfico aéreo.

A.4.3 Entorno próximo

El diseño del edificio estará directamente influenciado por su ubicación. Factores como la temperatura media radiante, el aislamiento térmico, control lumínico y el acústico, están muy estrechamente ligados con el entorno del edificio.

Se deberá estudiar la variación de la incidencia solar, que estará condicionada a los elementos colindantes a la edificación, en referencia al horario y a las diferentes estaciones del año. Este condicionante será decisivo en la elección y diseño de los cerramientos del edificio.

Un factor que incide en el microclima del entorno del edificio es la tipología de la vegetación circundante. Además en edificios, que por sus características queden integrados en el entorno, si hay en las proximidades gran presencia de árboles, éstos actuarán como barreras naturales al ruido.



ANEXO B: Fachadas de edificios de oficinas



ANEXO B: Fachadas de edificios de oficinas

Sumario

B.1	Consideraciones generales.....	10
B.2	Tipologías de fachadas.....	11
B.2.1	Pesadas.....	11
B.2.1.1	Hormigón.....	11
B.2.1.2	Obra de fábrica.....	14
B.2.2	Ligeras.....	18
B.2.2.1	Metálicas.....	19
B.2.2.2	Vidrio (muro cortina).....	22
B.2.2.3	Fachada ventilada.....	30
B.2.2.4	Paneles no metálicos.....	33
B.2.2.5	Fachada “verde”.....	35
B.2.2.6	Protecciones solares.....	37

B.1 Consideraciones generales

La fachada debe responder a los deseos de imagen, cumplir los requisitos del CTE y tener especial cuidado con los aspectos funcionales. La elección de sistemas y materiales tendrá mucha importancia para la transmisión de la luz natural, calor y ruido. La iluminación natural es un gran valor de animación laboral, pues mejora el estado de ánimo del trabajador, y de la imagen de la empresa. Pero el vidrio en fachada conlleva en sí mismo transmisión de calor, ruido y problemas con el fuego de un incendio.



B.2 Tipologías de fachadas

B.2.1 Pesadas

Estas fachadas pueden formar parte de la estructura del edificio, y cuando así sea deberán ser diseñadas teniendo en cuenta que deberán soportar, a parte de su propio peso, las cargas de la estructura principal del edificio.

Este tipo de fachadas requieren un minucioso estudio de huecos, pues una vez ejecutada la modificación de los mismos es complicada en el mejor de los casos, y de gran impacto económico.

B.2.1.1 Hormigón

a) In situ

El problema principal de la fachada es que tiene una mayor complejidad constructiva que los prefabricados, y esto hace que sea un sistema poco usual. A pesar de ello, es una solución que se tiene en cuenta en ciertos casos en los que primen la seguridad, o la flexibilidad de dimensiones y/o diseño.

La ejecución de este tipo de fachadas precisa un estudio detallado de los sistemas constructivos a emplear, así como de las juntas de hormigonado a realizar.

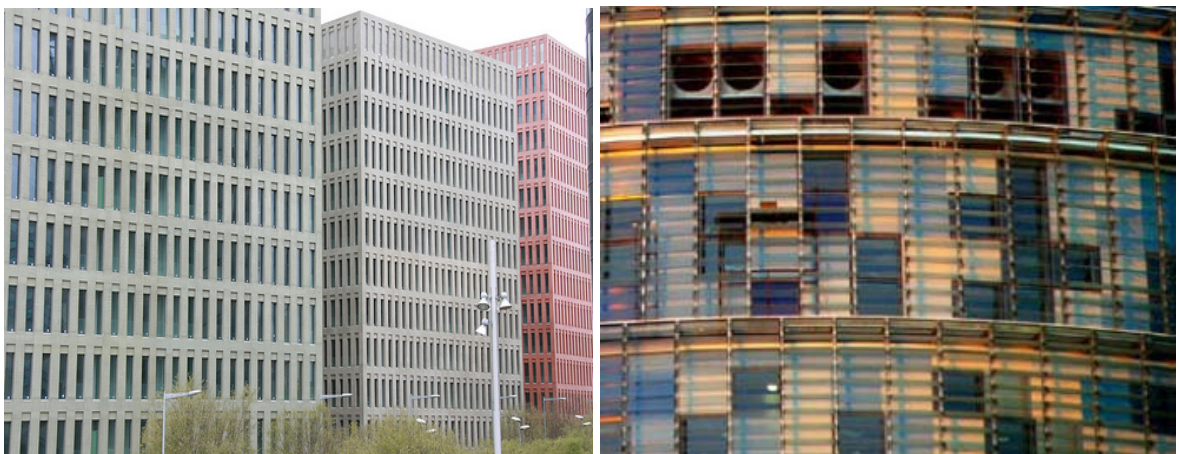


Figura B.1: Fachadas de hormigón in situ. Ciudad de la Justicia y Torre Agbar (Barcelona)
(Fuente: <http://www.skyscrapercity.com> y <http://www.boma.es>)



b) Prefabricado

Figura B.2: Fachada de hormigón prefabricado (Fuente: propia)

Las fachadas realizadas mediante paneles de hormigón prefabricado no forman parte de la estructura del edificio; se fijan por anclajes a la estructura resistente del edificio. Generalmente, estos paneles vienen de taller con el acabado exterior de fachada incorporado.

Debido a que se trata de piezas de gran tamaño y peso, en lo referente del montaje en fachada, requiere organización de detalle de las tareas a realizar y toma de precauciones en cuanto a seguridad. Se requiere de experiencia y cuidado en su manipulación ya que se hace necesario evitar que las piezas se golpeen ya que cualquier desperfecto impide su colocación y resulta dificultosa su reparación.

Las fachadas configuradas por paneles de hormigón tienen como principales ventajas su durabilidad, resistencia al fuego, aislamiento térmico y acústico y seguridad. Se ha de tener especial cuidado, en el sellado de las juntas, con el fin de asegurar la estanquidad.

Los costes asociados a la construcción de fachadas mediante placas de hormigón son inferiores que los sistemas de construcción in situ, y al ser un producto prefabricado ofrece más garantía de calidad que los realizados en la propia obra.

- **Placas planas de hormigón armado**

Este tipo de placas se fabrican con molde. Se compone de una armadura, un aislante interior y hormigón (de alta resistencia). Su colocación puede ser vertical u horizontal, y se pueden



fabricar con anclajes para la unión con elementos estructurales. En el mercado se dispone de de varias opciones de acabados superficiales de árido visto (figura B.3).



Figura B.3: Placa plana (Fuente: propia)

- **Placas nervadas de hormigón armado**

Estas placas incorporan elementos estructurales para evitar el pandeo. Esta solución optimiza el hormigón empleado: hace que sea más eficiente estructuralmente que las placas planas. El método de fabricación es análogo al de las placas planas, e igualmente permiten acabados de árido visto (figura B.4).

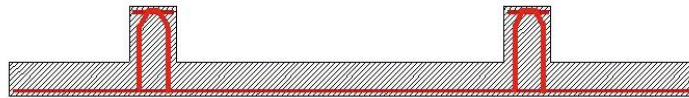


Figura B.4: Placa nervada (Fuente: propia)

- **Placas alveolares de hormigón pretensado**

En estas placas hay un cambio de tecnología, se trata de un elemento superficial plano de hormigón pretensado, con canto constante, aligerado mediante alveolos longitudinales. Se compone de hormigón (de alta resistencia) y una armadura. Esta tipología de paneles va fijada a la estructura con anclajes metálicos de expansión normalmente galvanizados. Pueden colocarse verticalmente u horizontalmente. Actualmente son las más utilizadas por su eficiencia estructural y por su colocación rápida y sencilla (figura B.5).



Figura B.5: Placa alveolar (Fuente: propia)



B.2.1.2 Obra de fábrica

La obra de fábrica es utilizada generalmente en viviendas, no obstante, es una solución viable para edificios de oficinas en los que prime el presupuesto global y la necesidad de ofrecer una imagen austera.

En la construcción de fachadas de obra de fábrica, la estética superficial no tiene una importancia significativa, ya que generalmente se trata de fachadas para revestir.

Las juntas de dilatación no vienen marcadas por el propio elemento estructural (como será el caso de los paneles metálicos o de hormigón). La unión entre los bloques se puede hacer de manera mecánica, o bien de manera química, mediante diferentes tipos de resinas o morteros. Los cerramientos de obra de fábrica de ladrillo requieren un soporte bien aplomado, y buena planeidad para no transferir al acabado los defectos propios del material.

En este tipo de fachada se ha de tener especial cuidado de las humedades, ya sean debidas a la construcción de la propia obra, a filtración, a capilaridad, a condensación, o a humedad accidental; pueden dar origen a patologías tales como eflorescencias, erosiones físicas y químicas o desprendimientos.

a) Bloque de cerámica

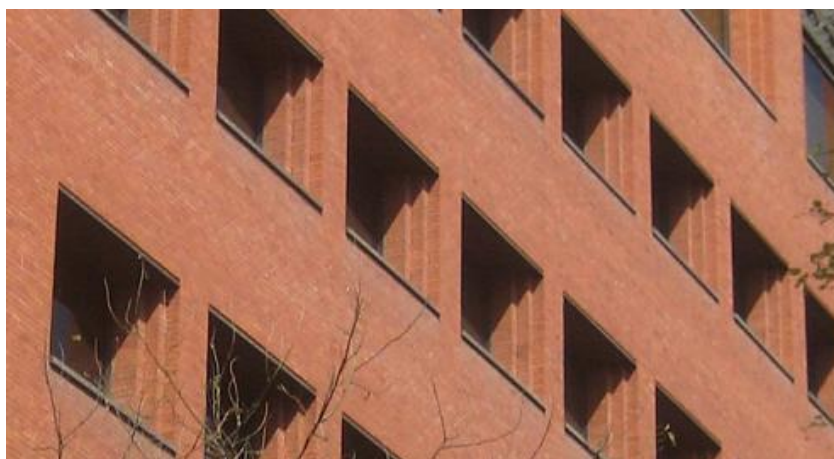


Figura B.6: Fachada de bloque de cerámica. Edificio Bankinter (Madrid). Bloque de cerámica cara vista
(Fuente: propia y <http://www.consumer.es>)



Las paredes de ladrillo de una sola piel son porosas y tienen problemas de condensaciones interiores; para evitarlas se hacen sistemas de doble piel. La elección de la solución dependerá básicamente de dos premisas: la calidad resultante del aislamiento y el presupuesto disponible. Las soluciones son las siguientes:

- pared exterior de ladrillo visto correctamente vitrificado, 5 cm de aislante, 5 cm de cámara de aire y 5cm de machihembrado.
- pared exterior de ladrillo visto correctamente vitrificado, 5 cm de aislante, 5 cm de cámara de aire y ladrillo macizo aragonés (7cm).
- pared exterior de ladrillo visto correctamente vitrificado, 5 cm de aislante, 5 cm de cámara de aire y ladrillo macizo catalán (10cm). (Figura B.7)

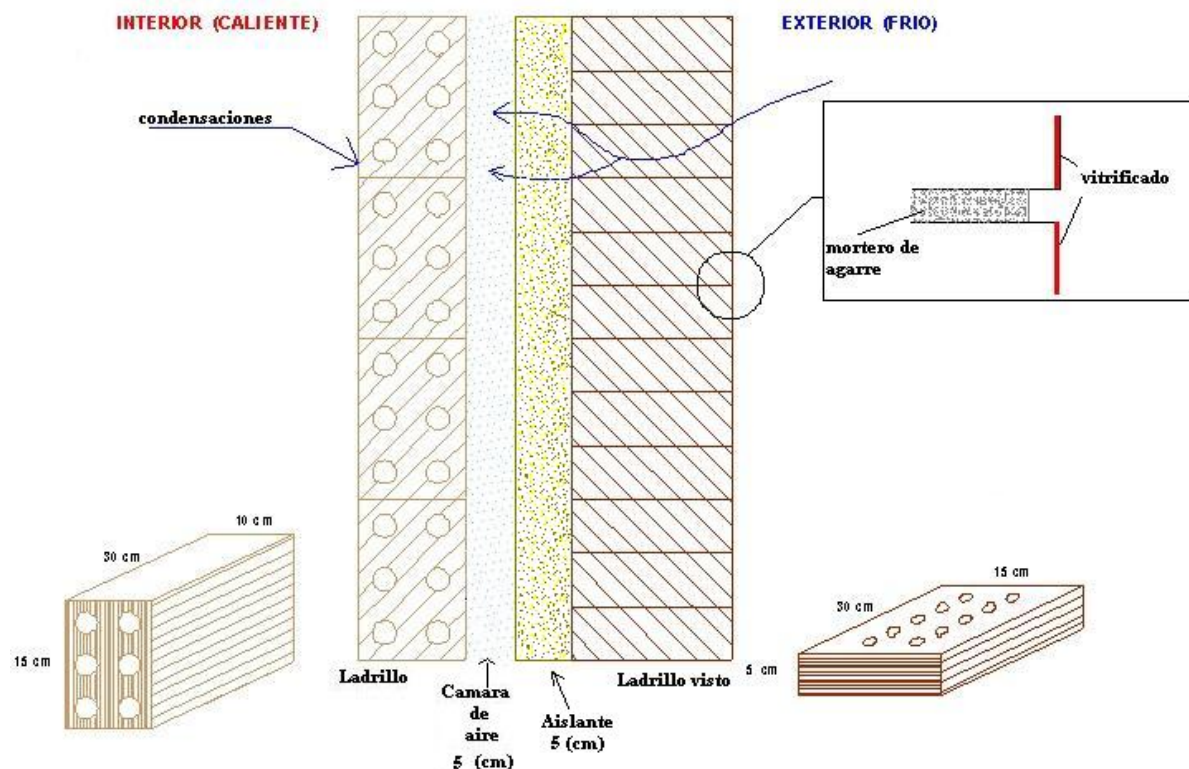


Figura B.7: Fachada de ladrillo de doble piel (Elaboración: propia)



b) Bloque de termoarcilla



Figura B.8: Bloques de termoarcilla. (Fuente: <http://www.proceran.es>, <http://www.termoarcilla.com> y <http://www.licitatii-electronica.ro>)

La termoarcilla, por su porosidad, es un material de baja densidad. Es, por tanto, un buen aislante térmico y acústico. Gracias a esta propiedad, se hace posible construir fachadas de una sola piel. La dimensión del grueso de los bloques dependerá del aislamiento a conseguir.



Figura B.9: Fachada de bloque de termoarcilla. Centro de biología molecular “Severo Ochoa” (Madrid) (Fuente: <http://www.nextel.es>)



c) Bloque de hormigón

Figura B.10: Fachadas de bloque de hormigón.
(Fuente: <http://www.calibloc.com>)

El bloque de hormigón se considera como un sustituto del ladrillo. Los bloques tienen forma prismática con dimensiones normalizadas y presentan perforaciones. Se utilizan aditivos en la mezcla que compone el bloque (cemento, arena y agregados pétreos) para variar sus propiedades de resistencia, textura o color.

En el mercado se encuentran bloques de hormigón y de hormigón ligero. Se fabrican con acabados vistos, y pueden sustituir a los paneles prefabricados. Es importante tener en cuenta que no todos los acabados superficiales admiten toda la variedad de chapados o revestimientos.



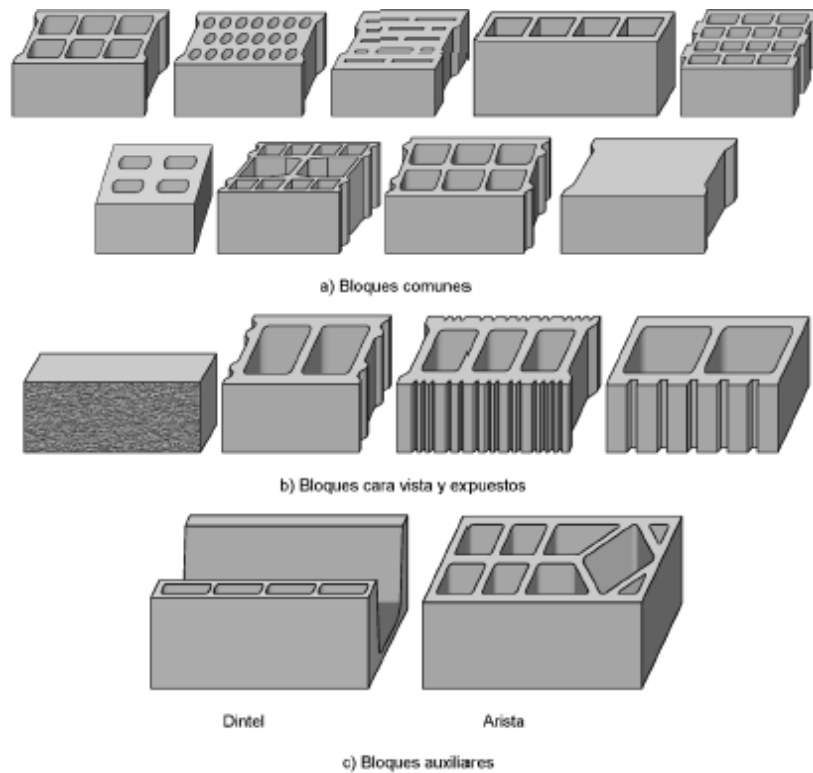


Figura B.11: Bloques de hormigón (Fuente: norma EN 771-3)

B.2.2 Ligeras

Consisten en una estructura secundaria anclada a la estructura principal que soporta una serie de paneles que componen la fachada. Estos paneles suelen ser metálicos, de vidrio o de materiales diversos (madera, derivados del plástico).

A diferencia de las fachadas pesadas, todo el sistema va anclado en la estructura principal del edificio, sin ser parte constitutiva de la misma.

En función de cómo estos paneles se fijan a la estructura, las fachadas ligeras pueden ser:

- Fachadas-panel constituidas por paneles que se fijan entre los forjados de la estructura principal, dejando el canto de los mismos visto.
- Muros cortina, donde la estructura auxiliar ligera permanece suspendida de los forjados (paneles colgados), pasando por delante de los mismos.



Por las características de esta tipología de fachadas, en la fase de proyecto se han de tener en cuenta diversos aspectos en su elección y diseño:

- El sistema de montaje y reparación de los elementos de fachada.
- Los gradientes térmicos que pueden afectar a paneles multicapas.
- La resolución de carencias detectadas en el acabado ligero en base a requerimientos acústicos, térmicos, de permeabilidad, etc.
- El tratamiento adecuado de los puntos delicados: huecos, esquinas, curvas, etc.
- La adecuación del material del panel a la fachada.

B.2.2.1 Metálicas



Figura B.12: Fachadas metálicas. (Fuente: <http://www.alucobond.com>, <http://www.aceralia.es> y <http://www.basa-ayd.com>)



Las fachadas metálicas pueden ser conformadas íntegramente o como revestimiento de fachadas pesadas en edificios de oficinas singulares, combinándolas con otros materiales como puede ser el vidrio.

Este tipo de fachadas tiene un buen comportamiento ante el fuego, facilidad de montaje y de remodelación, y una buena relación calidad/precio.

Como inconveniente, cabe indicar que las chapas o paneles deben ser tratados superficialmente a fin de prevenir su corrosión, y que las perforaciones no previstas inicialmente realizadas durante el montaje o mantenimiento deben ser igualmente convenientemente tratadas para evitar futuras corrosiones.

Básicamente hay tres soluciones para conformar una fachada metálica: chapa simple, panel sándwich y sándwich in situ.

a) Chapa simple

En el caso de edificios de oficinas, la chapa simple únicamente se utiliza como revestimiento o parte de una fachada compuesta, o bien como fachada de las estancias destinadas a salas técnicas, pues comportan serios problemas de condensaciones y pérdida de planeidad por dilataciones térmicas además de no proporcionar por sí sola los aislamientos acústico y térmico necesarios. La pérdida de planeidad se puede minimizar realizando paneles de menor superficie, dar mayor espesor a la chapa o incorporar pliegues en los bordes.



Figura B.13: Fachada revestida por chapa simple. (Fuente: <http://www.sumuvesa.com>)



b) Paneles sándwich

Figura B.14: Fachada metálicas. Panel sándwich.
(Fuente: <http://www.basa-ayd.com> y <http://www.nortonei.com>)

A diferencia de la chapa simple, tanto el panel sándwich como el sándwich in situ sí suelen utilizarse solos como fachada, básicamente en oficinas anexas a edificios industriales. El panel sándwich es un panel prefabricado que se compone por dos chapas de acero perfilado, u otro material (aluminio...), con función resistente, y un aislamiento intermedio compuesto por poliuretano o poliisocianurato. En comparación con la chapa simple, dota la fachada de un mejor aislamiento térmico y acústico y de estanquidad al agua y al viento.

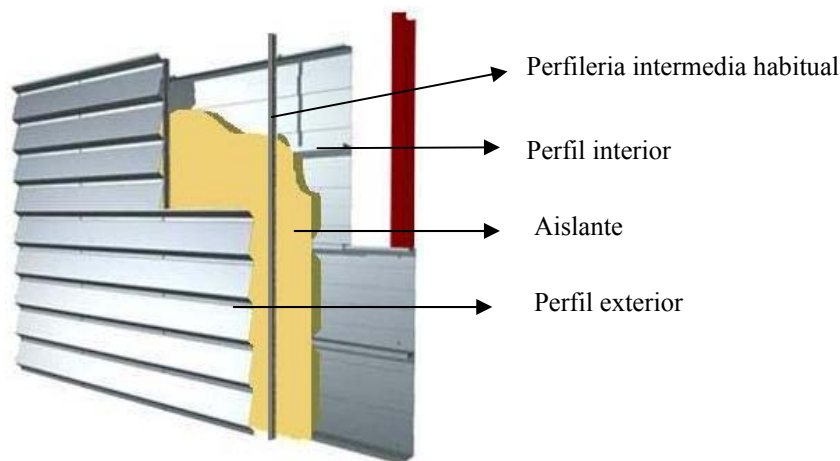
c) Sándwich in situ

Figura B.15: Sándwich in situ. (Elaboración: propia)



El sándwich in situ, a diferencia de las anteriores soluciones, se ejecuta por capas in situ en obra y, por tanto, confiere más libertad de diseño al estar en manos del proyectista la solución concreta de cada componente, y la global. En este caso, la capa aislante suele ser de fibra de vidrio o lana mineral y la chapa externa puede estar fijada a una perfilera intermedia, y el material aislante a esta chapa.

En fachadas con una alta insolación, se aconseja que la chapa exterior sea de aluminio, ya que únicamente absorbe del orden del 3% de rayos infrarrojos.

B.2.2.2 Vidrio (muro cortina)



Figura B.16: Fachada muro Cortina. Edificios Trade (Barcelona). (Fuente: propia)

El muro cortina es una de las soluciones más actuales y modernas en cerramientos exteriores en edificios de oficinas. Confiere al edificio la filosofía general de transparencia, y relaciona más estrechamente el interior y el exterior del edificio.

Se denomina muro cortina al cerramiento ligero vertical exterior de un edificio, anclado y colgado a los forjados de éste. Normalmente los elementos que lo componen tienen altura equivalente a una planta, y están configurados por una retícula metálica autoportante que actúa como bastidor, fijada a los forjados y paneles ligeros, generalmente de vidrio.



En el diseño del muro cortina deberá contemplarse especialmente la problemática a nivel estructural, térmico, lumínico, acústico, y de protección contra el fuego.

Como problemas principales tenemos, en líneas generales:

- En el caso de vidrio simple, un aislamiento térmico bajo y una baja atenuación de la insolación, que repercute en el consumo energético asociado a la climatización.
- Estanquidad problemática de las uniones.
- Coste elevado.
- Necesidad de mantenimiento/limpieza continuo, y cuestiones asociadas a las condiciones de seguridad para realizar dicho mantenimiento.

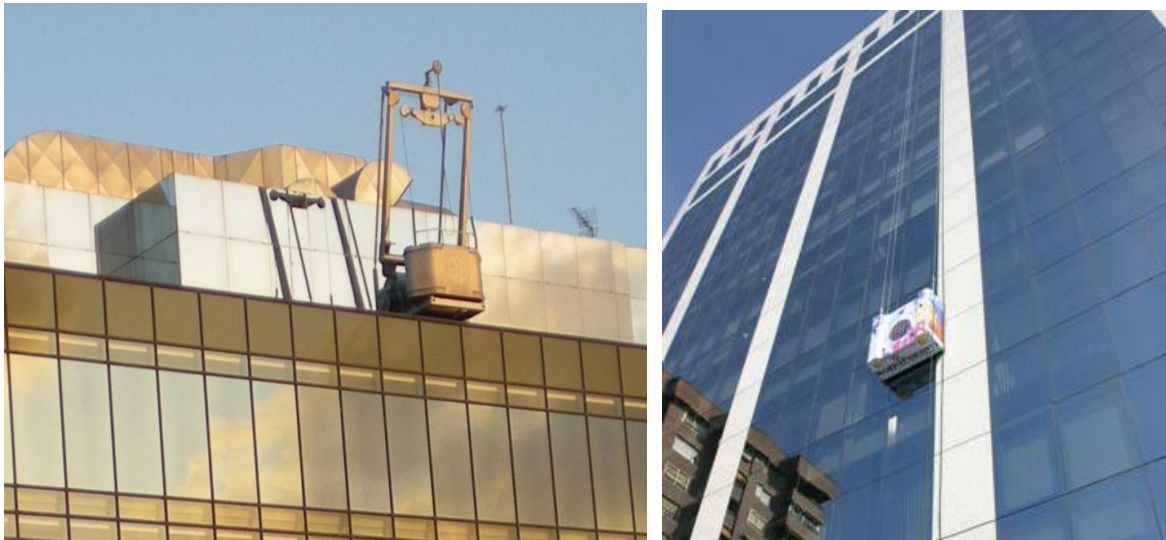


Figura B.17: Mantenimiento fachada acristalada. (Fuente: propia y <http://www.systemcover.com>)

En la fase de proyecto será importante prever un sistema, integrado en el muro, de rotura del puente térmico, y un sistema de evacuación de agua, tanto de lluvia, como de la derivada de la condensación.

Un acristalamiento doble reduce pérdidas energéticas al disminuir el valor de transmisión térmica, con lo que se consigue un mayor confort térmico. Existen también cristales que limitan la radiación solar, bien por una alta reflexibilidad, bien por atenuar la intensidad de la luz que los atraviesa.



Se deberá tener especial cuidado en la carpintería utilizada en la estructura secundaria, que deberá garantizar la estanquidad, la protección mecánica al cristal y un buen aislamiento térmico y acústico. Los materiales más comúnmente utilizados son el aluminio, el PVC y la madera.

Para lograr controlar la radiación solar incidente en el cerramiento a lo largo de las diferentes trayectorias solares en el transcurso del año, se aconseja la utilización de protecciones solares, preferentemente exteriores, ya que energéticamente son más efectivas en todas las orientaciones, excepto la Norte.

Además, en la medida de lo posible, el cerramiento debe ser diseñado para ganar calor ante temperaturas externas bajas, y rechazarlo en caso que sean altas.

Se pueden concebir combinaciones de muros cortina con planos distintos del vertical, dando lugar a soluciones de gran valor estético.

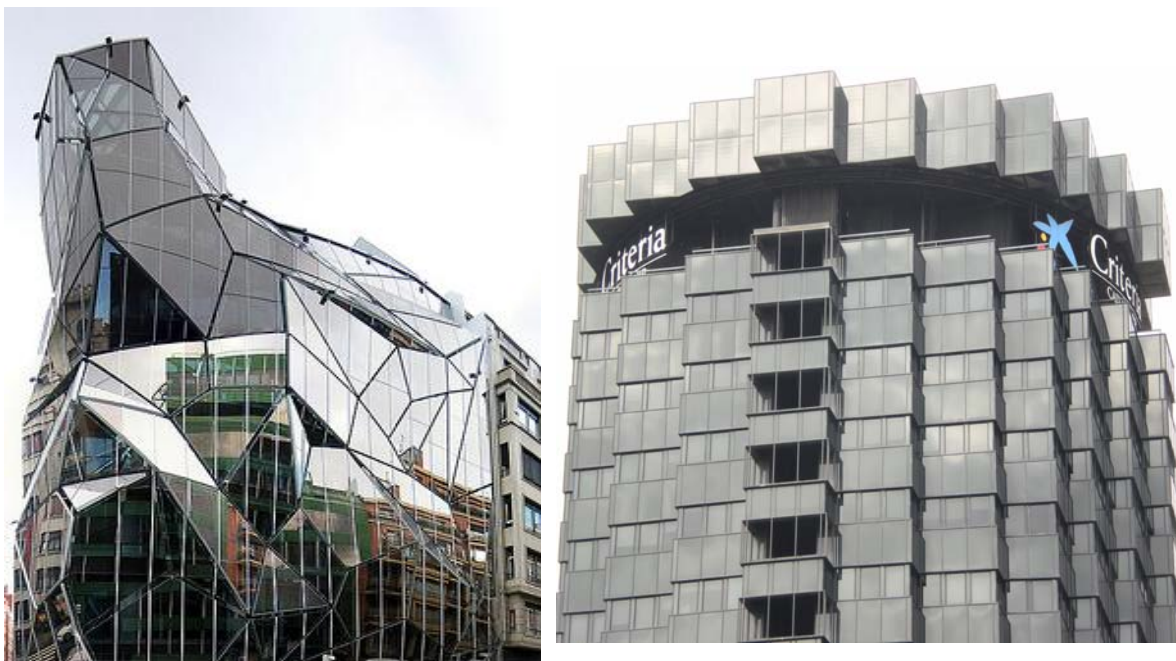


Figura B.18: Fachadas acristaladas singulares. Oficinas Osakidetza (Bilbao) y “La Caixa” (Barcelona).
(Fuente: propia)



Hay diferentes tipologías de muro cortina, dependiendo del sistema de fabricación y la puesta en obra:

a) Muro cortina tradicional

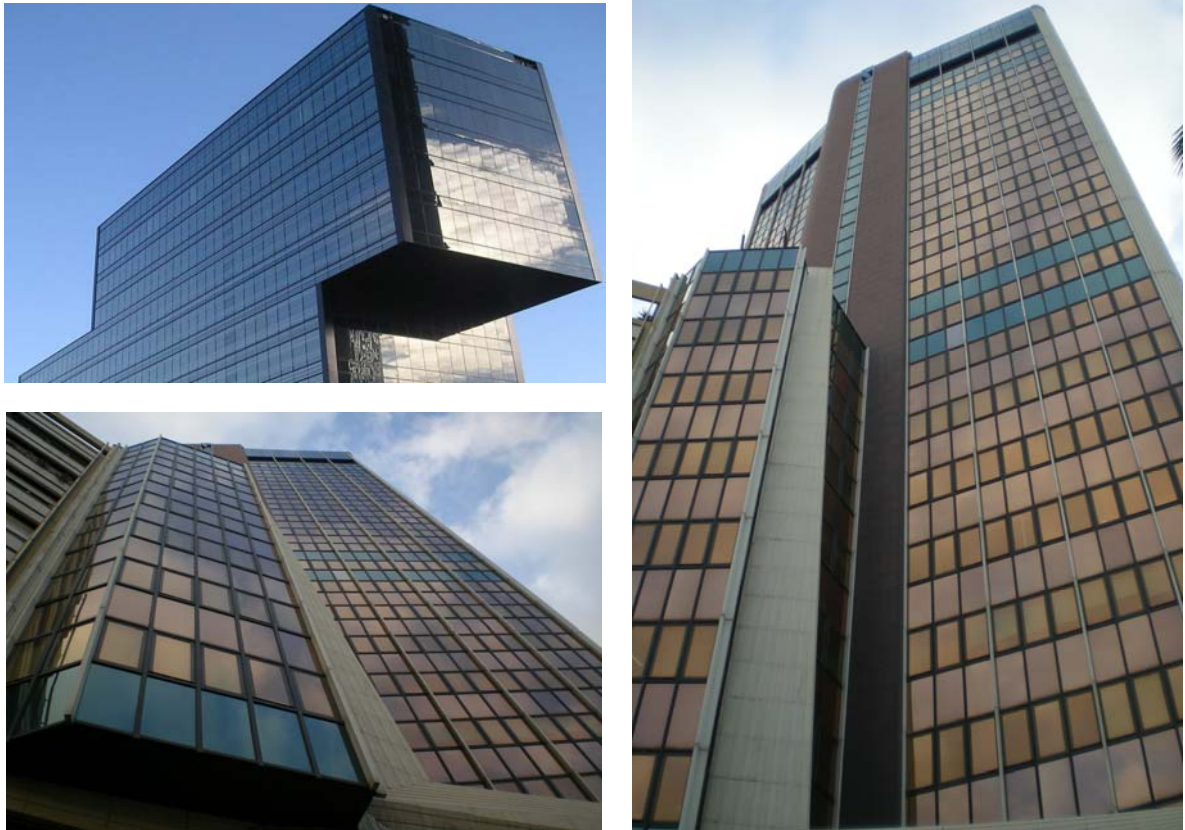


Figura B.19: Fachadas muro cortina tradicional. Edificio Diagonal 123 y Edificio Macià (Barcelona).
(Fuente: propia)

El muro cortina tradicional está basado en el montaje en obra de los perfiles resistentes (bastidor) y, posteriormente, la instalación del panel. Otros elementos que forman parte del muro cortina tradicional son las juntas de goma, piezas de apoyo del panel y anclajes a los forjados.

Se suele utilizar este sistema en edificios de baja y media altura; no se recomienda en edificios con una altura mayor a 60 m, ya que tanto el coste como el tiempo de construcción aumenta considerablemente al incrementarse la complejidad de instalación de los medios auxiliares de elevación.



b) Muro cortina modular

Figura B.20: Muro cortina modular. Torre Espacio (Madrid). (Fuente: <http://www.carlesnicolau.com>)

El sistema de muro cortina modular resuelve los problemas en obra del sistema tradicional. Esta solución se basa en módulos prefabricados compuestos por el panel, las juntas y los elementos de fijación. El montaje en obra es bastante más simple que en el muro cortina tradicional, ya que los módulos prefabricados se colocan en el hueco de los forjados mediante grúas ubicadas en plantas superiores. La estanquidad queda solucionada en el mismo montaje gracias a las juntas elásticas.

Además de ser un sistema rápido de ejecutar, es un sistema de alta calidad, ya que la construcción de los módulos es totalmente prefabricada, y la puesta en obra es simple y controlada. Esta solución es totalmente viable para edificios de oficinas de gran altura y de gran superficie de fachada.

c) Acristalamiento con sellante estructural

En esta solución, los diferentes módulos de cristal se unen mediante juntas formadas por un sellante estructural. El sellado mediante silicona estructural no soporta el peso propio del vidrio, es por ello que los módulos se sujetan mediante elementos de metal fijados a una estructura de soporte metálica interna.

Una de las características más visibles de un acristalamiento con sellante estructural es la ausencia de perfilaría vista, lo que proporciona un aspecto de mayor continuidad. Además,



proporciona al cerramiento, siempre y cuando esté correctamente ejecutado, mayor estanquidad frente al agua y al viento que otras soluciones.

Actualmente, este procedimiento se hace aplicable con ciertas clases de vidrio (vidrios no revestidos o revestidos con capa mineral) y tiene una durabilidad de unos diez años. En la norma UNE-EN 13022-1:2006 se encuentran los requisitos para la aptitud al uso de los productos de vidrio para su utilización en este tipo de acristalamiento.



Figura B.21: Fachada acristalada: muro cortina. Edificio Nexus. UPC Campus Nord (Barcelona).
(Fuente: propia)

d) Vidrio estructural abotonado (VEA)

En este caso, el vidrio adquiere un comportamiento mecánico autoportante y por ello puede ser sujetado solamente de forma puntual (botones) sin necesidad de un recercado total. La sujeción del vidrio a la estructura auxiliar, se realiza mediante unas piezas metálicas articuladas en forma de araña (Figura B.22).

La estanquidad de la fachada se consigue mediante el sellado a testa de las lunas de vidrio. Estas fachadas crean una sensación de máxima transparencia y luminosidad, gracias a este original sistema de sujeción del vidrio.

El diseño de este tipo de fachadas exige:

- Templar el vidrio utilizado para aumentar la seguridad al uso, ya que tiene un comportamiento mecánico autoportante.



- Garantizar la coplaneidad de los vidrios, puesto que las condiciones de estanquidad al aire y al agua se garantizan en los encuentros a testa de los perímetros de cada vidrio, aristas donde se aplican los materiales de sellado.
- Otorgar al conjunto un monolitismo, que permite que las acciones locales sobre un vidrio se repartan lo mejor posible entre los adyacentes. Como esta transmisión no puede ser garantizada por los materiales de sellado, se utilizan las arañas, que unen entre sí cuatro lunas de vidrio por sus extremos.
- Sujetar el vidrio de una forma suficientemente rígida y suficientemente estanca para garantizar los aspectos ya mencionados, pero al mismo tiempo absorber las lógicas deformaciones transversales de la finísima piel de vidrio, sin ocasionar su rotura.
- Transmitir las acciones mecánicas incidentes sobre la lámina de vidrio a las arañas y de éstas a una estructura posterior convencional, la cual permanece a menudo oculta a la primera mirada del observador, que otorga al conjunto la rigidez necesaria.



Figura B.22: Fachada acristalada. Edificio Caja Madrid (Barcelona).
Vidrio abotonado. Edificio Nexus II. UPC Campus Nord (Barcelona) (Fuente: propia)



d) Fachadas captoras

Las fachadas fotovoltaicas o captoras son cerramientos y generadores de energía a la vez. La integración de estos sistemas en la piel de un edificio de oficinas confiere una imagen ecológica y sostenible. En la mayoría de casos la integración de estos sistemas está orientada a la venta de la energía a la red aunque también es posible que sea consumida por las propias instalaciones del edificio.

Los módulos fotovoltaicos se integran en el acristalamiento exterior, en lamas o parasoles y su sujeción se hace tanto por fijación con presores exteriores, alojando en el interior de la perfilaría el cableado de conexión entre los módulos, como mediante células embebidas en vidrio laminado, formando la hoja exterior de un doble acristalamiento. El mayor rendimiento se consigue en las fachadas Sudeste o Sudoeste.

El transporte y la instalación de las placas son relativamente sencillos, y en su funcionamiento es un sistema silencioso. Actualmente se dispone de una gran gama de acabados, formas y configuraciones eléctricas.

En general, la vida útil de estos sistemas es de unos treinta años.

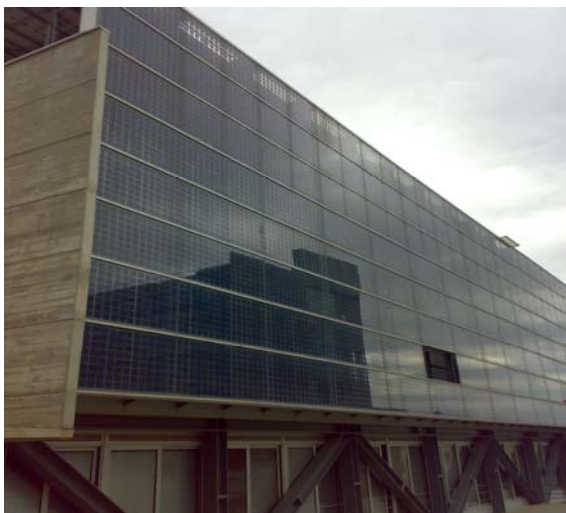


Figura B.23: Fachada de placas fotovoltaicas.
Parque de innovación tecnológica La Salle
(Barcelona) (Fuente: propia)



Figura B.24: Detalle parasol fotovoltaico
(Fuente: <http://www.idom.es>)



B.2.2.3 Fachada ventilada



Figura B.25: Fachada ventilada en construcción (Fuente: <http://www.sumuvesa.com>)

La fachada ventilada proporciona, siempre que esté correctamente ejecutada y mantenida, indiscutibles ventajas de aislamiento termo-acústico gracias a una cámara ventilada entre el revestimiento y el aislamiento. Esta solución elimina los puentes térmicos y los problemas de condensación.

Cuando se ventila el aire de dicha cámara, se reduce la cantidad de energía térmica que llega al interior del edificio. El sistema es muy versátil, puesto que permite efectuar diferentes tipos de ventilación y utilizar diversos tipos de materiales en la fachada interior, manteniendo siempre la parte exterior con un aspecto independiente. La ventilación de este tipo de fachadas se efectúa por convección natural o forzada.

Debido al calentamiento del aire comprendido en el espacio intermedio se produce el conocido “efecto chimenea” que conlleva una ventilación ascendente continua en la cámara. Durante épocas estivales gran parte del calor captado por la piel exterior se evacua por el efecto chimenea dando lugar a un ambiente interior de temperatura agradable. En invierno el muro portante actúa como acumulador de calor y aislante.

La ventilación forzada hace referencia a que se actúa voluntariamente sobre la velocidad de convección del aire dentro de la cámara, controlando al mismo tiempo el flujo de aire que entra y que sale de la cámara.



Además de los efectos térmicos en el interior del edificio, esta circulación de aire permite secar el agua de lluvia que puede haberse infiltrado a través de las juntas del revestimiento, y previene la condensación de agua en el interior del cerramiento, que evita la aparición de hongos.

Acústicamente, proporciona al ambiente interior una reducción de la contaminación acústica del orden del 15%.

Las fachadas ventiladas pueden estar constituidas por diferentes materiales, tanto en la capa exterior como en la interior, dependiendo de la imagen exterior que se desee proyectar y de las necesidades funcionales de las áreas interiores.

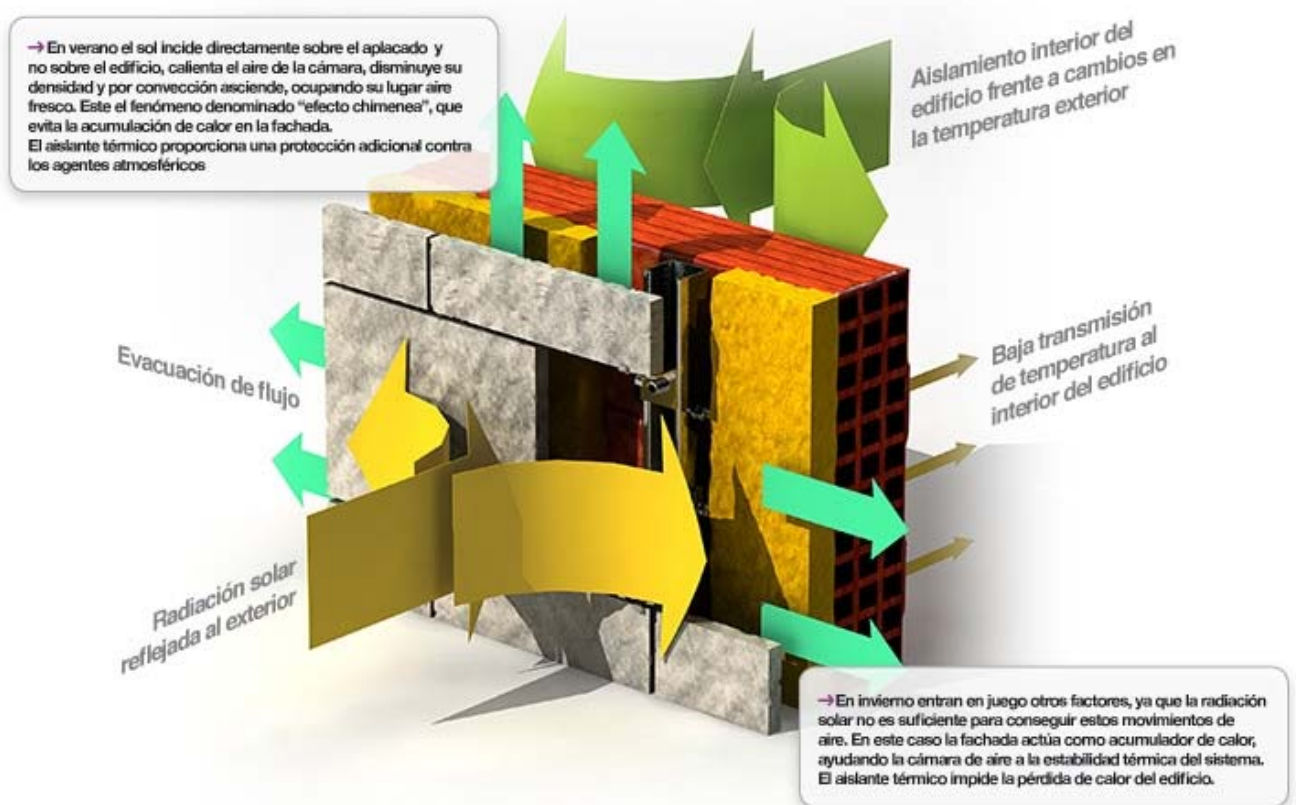


Figura B.26: Fachada ventilada (Fuente: <http://www.gutterkel.com>)

Aparte de las tipologías de fachada ventilada, según el método y el material utilizado en su construcción, también se puede distinguir entre fachadas ventiladas o fachadas respirantes en función del sistema de acondicionamiento del aire de la cámara interior.



Se llaman fachadas respirantes aquellas que se caracterizan por estar constituidas por una cámara de aire de dimensiones muy restringidas, de manera que sólo existe una membrana que iguala la presión de vapor exterior e interior de la cámara con el fin de evitar así condensaciones en su interior. La principal ventaja es que no se requiere mantenimiento en el interior de la cámara de aire. En cambio, las fachadas ventiladas convencionales tienen una cámara de aire totalmente comunicada con el exterior, por donde penetra polvo, humedad, viento, etc., por todo lo cual requieren un mayor mantenimiento de dicha cámara. Sin embargo, cabe decir a favor de las fachadas ventiladas convencionales que se consiguen mayores ventajas térmicas, tanto en régimen de verano como de invierno.

a) Doble fachada ventilada acristalada

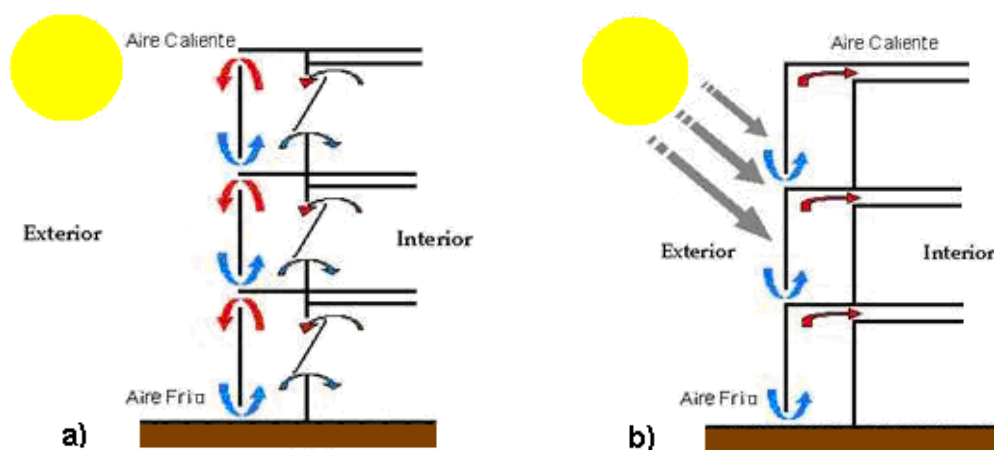


Figura B.27: Doble fachada acristalada ventilada: a) verano b) invierno (Fuente: propia)

De entre todas las posibles combinaciones, actualmente se está extendiendo el uso de doubles fachadas acristaladas. A menudo se instala dentro de la cámara de aire ventilada una persiana u otro elemento de protección solar, que permita variar sensiblemente el factor solar, la transmisión luminosa, la temperatura superficial y el coeficiente de transmisión térmica lineal a voluntad, sin tener que variar el vidrio exterior. La parte interior de la fachada ventilada debe estar constituida por materiales térmicamente aislantes, y materiales acústicamente absorbentes. En el caso de fachadas ventiladas doblemente vidriadas, es conveniente también colocar cortinas de protección en el interior de la cámara para reducir el máximo posible la cantidad de energía solar incidente en la segunda fachada.



Es habitual utilizar en este tipo de fachadas vidrios del tipo semirreflectantes, coloreados o serigrafiados para la piel exterior, pudiendo jugar con distintos tonos, para así aportar una óptima transmisión luminosa y un buen reflejo de imagen. Para la piel interior se prefiere un doble acristalamiento que proporcione al interior del edificio un buen aislamiento acústico y térmico.

En su diseño se debe tener cuidado de las medidas contra incendios, ya que el hecho de disponer de un espacio entre piel facilita la propagación de humo y fuego por él.

Esta solución es la que suele conferir al usuario mayor satisfacción, lo que comporta un menor riesgo de aparición del síndrome del edificio enfermo y confiere una imagen de transparencia y elegancia a la empresa.

También cabe decir que es una solución que conlleva una inversión inicial elevada, derivada de la construcción de una segunda piel, soportes, fijaciones y los elementos de control. Su construcción es dificultosa por su elevado peso, y el coste de mantenimiento es elevado. En referencia a los gastos de energía asociados, puede ser una de las soluciones que los minimicen, siempre y cuando su diseño y construcción sean correctos. Además, son fachadas en las que se puede integrar fácilmente un sistema de módulos fotovoltaicos.

B.2.2.4 Paneles no metálicos

a) Paneles de madera de alta densidad



Figura B.28: Fachada de paneles de madera de alta densidad
(Fuente: <http://www.archiexpo.com>)



Son fachadas que generalmente se utilizan en edificios de oficinas corporativos, son relativamente caras y requieren mucho mantenimiento.

Los principales inconvenientes que presenta este tipo de paneles son la necesidad de protección de los cantos, su mal comportamiento inicial al fuego, ya que requieren tratamiento ignífugo, y la limitación de dimensiones (2,44 m x 1,22 m).

El sistema de fijaciones queda en manos del proyectista, ya que no está estandarizado, y es muy aconsejable su utilización en fachadas ventiladas, disponiendo de circulación de aire en todas las caras de la madera, y resolviendo las juntas con un diseño cuidado para evitar filtraciones no deseadas.

b) Paneles de fibra de celulosa reforzada

Estos paneles están formados láminas de celulosa impregnadas por resinas teromoendurecidas (fenólicas y melamínicas) prensadas a alta presión y temperatura. Son de alta densidad, coloreados en masa y homogéneos. No presentan problemas de protección del canto, tienen dimensiones sensiblemente superiores a los anteriores y tampoco disponen de resistencia suficiente al fuego.



Figura B.29: Fachadas de paneles de fibra de celulosa reforzada
(Fuente: <http://www.carpinteria-ferca.es> y <http://www.ecnosenyal.com>)



c) Paneles de materiales plásticos

Uno de los más utilizados está formado por la combinación de poliéster y fibra de vidrio. La posibilidad de moldeo con adaptación a cualquier tipo de forma es una de las cualidades de este material, a la que hay que sumar su ligereza, ausencia de oxidación y comportamiento térmico. Dentro de sus limitaciones, destaca su pobre comportamiento al fuego, y en algunos plásticos, su resistencia a los rayos ultravioleta.

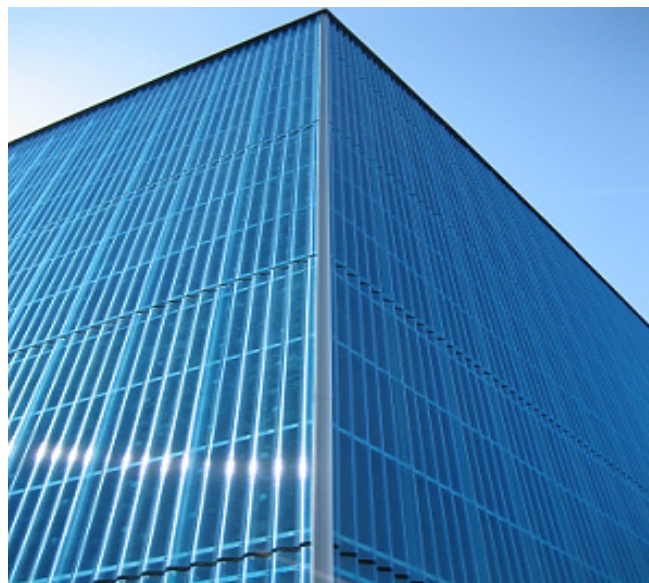


Figura B.30: Fachada de panel de resina y fibra de vidrio de Polimer Tecnic
(Fuente: <http://www.construnario.com>)

B.2.2.5 Fachada “verde”

Se conoce como fachada “verde” aquella que va recubierta por plantas trepadoras o colgantes. Este recubrimiento de fachada puede mejorar su aspecto, y puede proporcionarle un aislamiento adicional merced a las sombras sobre la fachada y a la cámara de aire entre el follaje y la pared.





Figura B.31: Fachada verde. Sede del Grupo Planeta (Barcelona). Edificio CaixaForum (Madrid).
(Fuente: propia y <http://www.wikipedia.org>)

Al escoger la tipología de la planta se han de tener en cuenta ciertos aspectos, como pueden ser:

- La velocidad de crecimiento, para estimar el tiempo que transcurrirá hasta tener la fachada completamente recubierta. En el caso que no se tenga disponibilidad de tiempo, se pueden utilizar soportes con enredaderas ya crecidas.
- Las particularidades de fijación. En función del tipo de fachada a recubrir, puede ser que las mismas plantas se sujeten (como en el caso de fachadas de obra vista), o que exista la necesidad de utilización de soportes, que, además de sujetarlas permiten guiarlas.
- Condiciones climáticas de la región. En la medida de lo posible, se deberán escoger plantas adecuadas a la climatología del lugar, lo que repercutirá en un menor mantenimiento.
- La tipología de la planta. Las plantas de hoja caduca permiten proporcionar sombra en verano, y transparencia en invierno. El volumen del follaje se ha de tener en cuenta en el diseño dimensional de la fachada verde.
- El peso. El peso de las plantas será un factor decisivo para el dimensionado de la fachada verde; puede variar entre 1 y 50 kg/m², alcanzando el doble o el triple por efecto de la lluvia o la nieve.



El principal inconveniente de este tipo de fachadas es la necesidad de un continuo mantenimiento para conservar la vegetación en perfectas condiciones. En ausencia del mismo se produce un efecto de dejadez no deseado.

Otra tipología de fachada verde es la fachada ajardinada. En este caso, la misma fachada incorpora el sustrato para el crecimiento de las plantas. Al ser los sistemas constructivos de alta complejidad, se trata de una tipología poco utilizada en edificios de oficinas.

B.2.2.6 Protecciones solares

Uno de los principales problemas de las fachadas en general, y de las fachadas acristaladas de forma más significativa, es lograr un eficiente control solar.

En las áreas donde las condiciones climáticas sean muy variables a lo largo del año, se deben incorporar a las fachadas protecciones solares fijas o móviles, que permitan adaptarse al grado de asoleo, ventilación o aislamiento.

Es conveniente una combinación adecuada de protecciones solares fijas y móviles, especialmente cuando se instalen sistemas de control y se incida en una adecuada gestión por parte del usuario.

El diseño de las protecciones solares dependerá del clima de la región, de la orientación del edificio y de los elementos colindantes a éste.

La fachada Sur deberá ser diseñada teniendo en cuenta la gran ganancia térmica en verano, y deberá disponer de un sistema de barrera convenientemente situado en la parte exterior, ya que su rendimiento es francamente mayor que si se sitúa en la parte interior del edificio.

En invierno principalmente, es necesaria una protección frente al deslumbramiento y, por lo tanto, es adecuado colocar los elementos de control solar en la cara interior del vidrio. En verano se requiere una protección del calor, y para ello se deben colocar las protecciones en la cara exterior y separadas del vidrio.



Para un correcto funcionamiento de las protecciones fijas, es de señalar que las protecciones fijas horizontales son adecuadas en orientaciones Sur, mientras que en orientaciones Este y Oeste preferiblemente se dispondrán lamas verticales orientables.

a) Tejidos y lamas

Los tejidos y lamas permiten evitar la insolación directa y favorecen los efectos ópticos. Existen diversas opciones como pueden ser las protecciones venecianas integradas entre dos vidrios. También pueden ser exteriores, más eficientes, ya que producen sombra sobre el vidrio y evitan así la insolación directa y, consecuentemente, reducen las ganancias térmicas, aunque las radiaciones solares atraviesan el vidrio, de modo que no se evita el efecto invernadero.

La solución de un toldo, un sistema de lamas o venecianas exteriores operables, con mecanismos que permitan su giro y plegado, puede ser interesante desde el punto de vista térmico. Estos sistemas pueden estar motorizados y/o accionados por sondas detectoras de luz y de energía solar.

El problema principal de estos sistemas cuando son motorizados es el alto coste de mantenimiento y que el fallo de alguno de sus componentes puede invalidar todo el sistema. Además estos elementos interrumpen la visión y reducen la iluminación, y su eficiencia es muy limitada ya que su adecuación al ciclo solar diario y estacional se hace muy compleja.



Figura B.32: Fachada de lamas. Parque científico (Barcelona). (Fuente: propia)



b) Parasoles

La solución más experimentada para lograr el control solar es el parasol. Éste se superpone al cerramiento de vidrio aportando el control de la insolación. En el mercado se pueden encontrar un gran número de soluciones de parasoles verticales u horizontales, fijos o móviles, y materiales (vítreos, metálicos, pétreos...).

Se puede lograr una sombra adecuada con elementos fijos, sin obstaculizar la visión.

Un alero o parasol horizontal es funcional orientado hacia el Sur, cuando el sol permanece alto.

Si en el diseño de la propia estructura del edificio se tienen en cuenta los efectos solares sobre la fachada Sur, el propio voladizo del forjado puede ser un parasol adecuado. Al Este y al Oeste el parasol debe ser vertical, y es recomendable que sea orientable para así poder seguir el ciclo solar.

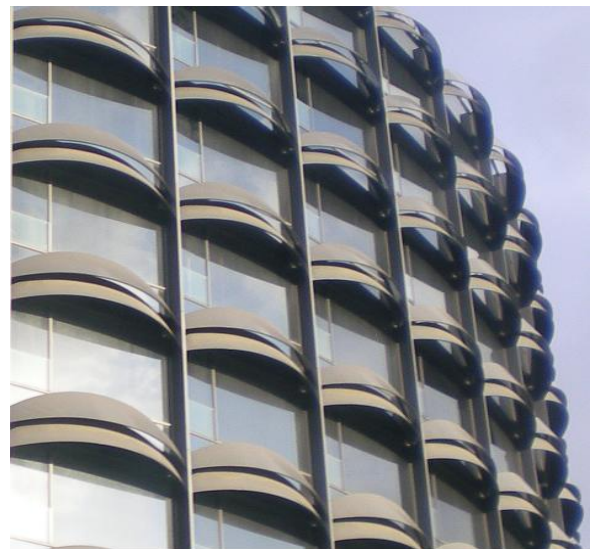


Figura B.33: Fachada con parasoles horizontales. Instituto Oftalmológico Tres Torres (Barcelona) y Edificio en Pl.Francesc Macià (Barcelona). (Fuente: propia)





Figura B.34: Fachada con parasoles verticales. Zona universitaria, Campus Sur (Barcelona).
(Fuente: propia)



ANEXO C: Cubiertas de edificios de oficinas



ANEXO C: Cubiertas de edificios de oficinas

Sumario

C.1	Consideraciones generales.....	42
C.2	Tipologías de cubiertas.....	44
C.2.1	Inclinadas.....	44
C.2.1.1	Tradicional.....	44
C.2.1.2	Metálica: Panel sándwich.....	46
C.2.1.3	Fibro cemento.....	47
C.2.1.4	Derivados plásticos.....	48
C.2.2	Planas.....	49
C.2.2.1	Tradicional.....	49
C.2.2.2	Invertida.....	51
C.2.2.3	Ajardinada.....	55
C.2.2.4	Inundada.....	56
C.2.3	Curvas y tridimensionales.....	57
C.2.4	Fotovoltaicas.....	58

C.1 Consideraciones generales

Las cubiertas son estructuras de cierre superior, que sirven como cerramientos exteriores, cuya función fundamental es ofrecer protección al edificio contra los agentes climáticos y otros factores, además de resguardo, intimidad, y aislamiento acústico y térmico, al igual que los cerramientos verticales. La elección de la tipología de la cubierta, así como en el caso de las fachadas, debe responder a los deseos de imagen, cumplir los requisitos del CTE y prestar especial cuidado a los aspectos funcionales.

En cuanto a su diseño, la cubierta no se diferencia del resto del cerramiento; esto significa que la cubierta caracteriza el tratamiento exterior del edificio, o queda incluida en el tratamiento general del cerramiento.



La elección de sistemas y materiales dependerá del uso que se desee dar a la cubierta, pues en edificios de oficinas generalmente en la misma se ubican los diferentes equipos de instalaciones técnicas, climatización, energía solar, grupos electrógenos, etc., así como otros usos complementarios al programa funcional del edificio.

El principal factor a tener en cuenta para la elección de una cubierta son las características climatológicas. La lluvia precipita de forma muy diversa en cada clima, según la altitud, la exposición orográfica y la época del año. La combinación del tamaño y consistencia de la gota, la intensidad y duración de la lluvia, así como la velocidad y orientación del viento, cualifican la precipitación.

Dentro de las posibles soluciones, se deberán tener en cuenta ciertos criterios para proyectar una cubierta:

- Las cubiertas deben ser transitables únicamente cuando sea necesario. Y, aún así, en los casos en que sea posible, deben alternarse tramos de cubierta transitable con otros que no lo sean.
- La formación de pendientes debe conseguirse con la propia estructura de soporte, de manera que se reduzcan los espesores de hormigón ligero de las cubiertas. En el caso de las cubiertas inclinadas este problema no existe.
- Elegir tipos de cubierta de fácil transformación y mantenimiento, como es la cubierta invertida.
- Los pavimentos de cubierta no deben estar adheridos o en contacto con la membrana impermeable. Son más recomendables los denominados flotantes, porque presentan mayor durabilidad de la membrana impermeable y, además, facilitan los trabajos de reparación y sustitución.
- En la estanqueidad deben primar los criterios de geometría (solape, protecciones, etc.) sobre los de unión y sellado a base de productos adhesivos, que son más vulnerables a los agentes atmosféricos y además tienen mayor impacto ambiental.
- Preferiblemente utilizar aislamiento de origen mineral en lugar de los de origen plástico, por su mayor resistencia y su menor impacto ambiental.



C.2 Tipologías de cubiertas

C.2.1 Inclinadas

La cubierta inclinada está formada por faldones (planos inclinados) dispuestos con inclinación normalmente mayor del 15%. La finalidad principal de la pendiente de la cubierta es incrementar la velocidad con que el agua se escurre por la cubierta, así se reduce su tiempo de presencia y el riesgo de penetración. Se deben utilizar materiales con un bajo coeficiente de succión y piezas del mayor tamaño posible, reduciendo así el número de juntas y el riesgo de filtración.

En comparación con las cubiertas planas, ocupan un mayor volumen sobre el edificio, y no permiten tanta libertad de diseño en relación a la geometría de la planta, pero en cambio su durabilidad es mayor y su coste de conservación menor.

C.2.1.1 Tradicional

a) Arcilla

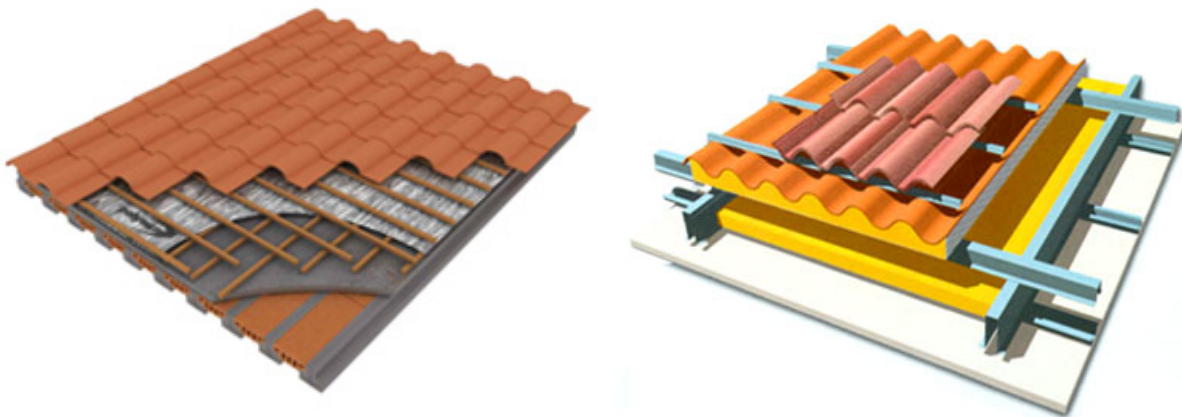


Figura C.1: Cubiertas tradicionales de arcilla. (Fuente: <http://www.optimersystem.com> y <http://www.delgadoyorea.com>)



Es un tipo de cubierta muy empleada en la zona mediterránea, habitualmente en viviendas. Los encuentros entre faldones, las limatesas, limahoyas y cumbreras, son zonas críticas de la cubierta pues por allí se puede filtrar el agua. Para impedirlo se cubren las aristas de los encuentros de los faldones con piezas especiales como baberos de plomo o de zinc u otras especiales a tal fin.

Hay diferentes tipos de cubiertas a base de tejas, uno de los más eficientes es la que dispone de cámara ventilada.

b) Pizarra



Figura C.2: Cubierta de pizarra. (Fuente: <http://www.trexa.es>)

Esta solución se utiliza en zonas montañosas en cubiertas de pendientes acusadas. El uso más habitual es el de viviendas.

Actualmente se hacen servir básicamente para dar estatus al edificio, ya que son mucho más caras que las cubiertas de tejas de arcilla. Las piezas de soporte son placas planas cortadas de diferentes formas y de variadas medidas cuyos bordes se biselan para atenuar la resistencia del viento y favorecer el desagüe. Por la gran pendiente de la cubierta, las piezas deben anclarse debidamente, para su soporte se dispone un tablero de madera o unos rastreles sobre la base de apoyo.



En áreas secas se emplean como apoyo una capa de yeso que suele ser de yeso negro maestreado, aplicado sobre forjado o solera de ladrillos. El grosor de las placas se encuentra en el orden de los 4 a 6 mm. Tanto las cumbreras como las limatesas pueden acabarse con una pieza de zinc plegada en ángulo y solapada con ambos faldones.

C.2.1.2 Metálica: Panel sándwich

Estas cubiertas, compuestas de dos chapas con un aislante térmico intermedio, aunque principalmente se utilizan en edificios industriales también suponen una buena solución en oficinas anexas a edificios industriales, centros comerciales y en edificios de oficinas singulares. También se suelen utilizar para albergar los equipos de instalaciones en planta técnica.

Las chapas se sujetan a la estructura de soporte mediante tornillos de acero galvanizado. Las juntas, tanto las verticales como las horizontales, se ejecutan con el plegado de la chapa del panel y el relleno del hueco con un material plástico deformable; luego se coloca un perfil metálico a presión cuya función es de tapajuntas de esa unión de los dos paneles.

Esta solución tiene una buena relación calidad/precio y, dependiendo del tipo de aislamiento intermedio, un buen comportamiento frente al fuego, facilidad de montaje, de remodelación y de añadir revestimientos según el uso.



Figura C.3: Panel sándwich. (Elaboración: propia)



C.2.1.3 Fibrocemento

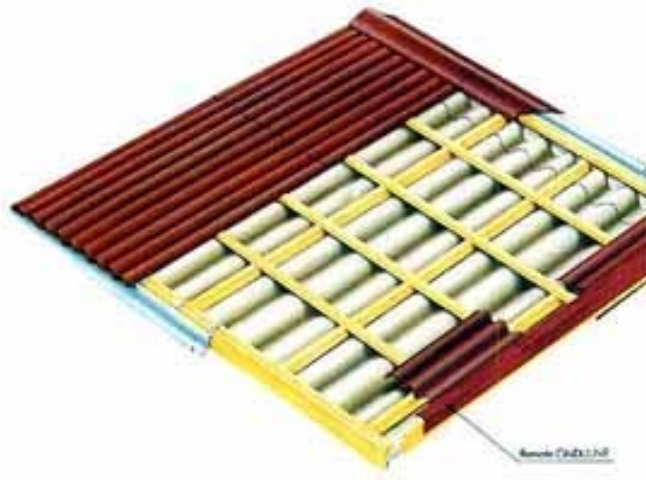


Figura C.4: Cubierta de fibrocemento. (Fuente: <http://www.construnario.es>)

Actualmente, la fabricación y utilización de fibrocemento con amianto está totalmente prohibida. Originariamente para la fabricación del fibrocemento se utilizaba el amianto como fibra de refuerzo. A consecuencia de los problemas de asbestosis que el amianto provocaba, a partir de los años 1990, en España se ha sustituido el asbesto por otros tipos de fibras, como por ejemplo las fibras de celulosa, de vidrio o vinílicas.

Estas cubiertas se componen de placas lisas u onduladas de forma rectangular cuyas dimensiones máximas son de 3 x 1 m. y un espesor entre 4 y 6 mm. La superficie exterior de las placas posee un tratamiento especial que la hace más lisa para facilitar el deslizamiento del agua de lluvia.

Se aplica sobre un soporte estructural mediante tornillos o ganchos de acero galvanizado o de acero inoxidable; sus elementos de fijación llevan arandelas de plomo o de acero que cubre el orificio.

Estas placas se disponen en hiladas verticales comenzando de abajo hacia arriba subiendo por la pendiente de la cubierta, efectuando los solapes de unas con otras en forma vertical y horizontal.



En las cumbreras y limatesas se emplean piezas especiales prefabricadas, estas mismas piezas también suelen usarse en huecos para el paso de instalaciones.

Este tipo de cubierta tiene muy buenas características aislantes y de protección contra el fuego. Los usos más habituales son en almacenes, garajes y viviendas.

C.2.1.4 Derivados plásticos

Estas cubiertas normalmente se emplean en invernaderos, centros comerciales, pabellones deportivos, etc.

Los materiales utilizados pueden ser poliéster o policarbonato. Las placas de poliéster tienen formatos, dimensiones y modo de colocación similares a las de fibrocemento, pero son mucho más ligeras y permiten el paso de la luz por su transparencia.

Las placas de policarbonato normalmente son lisas y transparentes, y las de doble capa constituyen un buen aislamiento térmico por la existencia de las cámaras de aire en su interior.

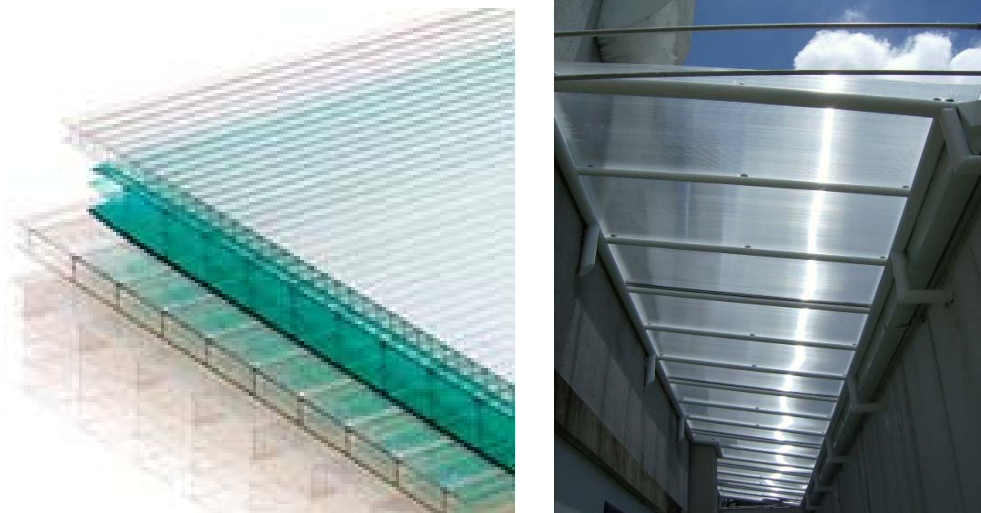


Figura C.5: Placas de policarbonato alveolar. Cubierta de policarbonato. (Fuente: <http://www.dvp.cl>)



C.2.2 Planas

Son aquellas que presentan una pendiente inferior al 5%, en virtud de lo cual permiten poder ser transitables y posibilitan la implantación de maquinaria o instalaciones sobre ella.

Se pueden distinguir dos grandes tipos de cubiertas planas: las denominadas “frías”, si disponen de una cámara ventilada entre el soporte de la cobertura y la base estructural, o las denominadas “calientes”, si por el contrario los elementos de cobertura y de soporte descansan directamente sobre la base estructural. Una variante de esta última es la cubierta “invertida”, en la que el material aislante se coloca sobre la impermeabilización para protegerla.

Las cubiertas se componen de una serie de capas o estratos, que deben colocarse en un orden determinado y con una continuidad. En su proceso constructivo debe impedirse cualquier penetración de agua de lluvia, para evitar que las condiciones de los materiales se alteren.

C.2.2.1 Tradicional

En la cubierta plana tradicional, la membrana impermeabilizante se coloca sobre el aislamiento térmico, que a su vez se apoya directamente sobre el forjado de la cubierta.

Este sistema presenta algunos inconvenientes: la membrana queda expuesta a considerables esfuerzos mecánicos, aumenta el riesgo de condensaciones debido tanto a la humedad propia de los materiales de construcción como a la acumulación de humedad en el interior de la estructura y, por último, las variaciones térmicas y la radiación ultravioleta pueden provocar un envejecimiento precoz de la capa impermeable.

a) Cubierta ventilada, ‘fría’ o ‘a la catalana’

Conceptualmente, la cubierta ventilada funciona así: sobre el forjado de cubierta se extiende el aislante térmico, encima una amplia cámara de aire muy ventilada, después un tablero de ladrillo, bardo o prefabricado, impermeabilización y pavimento.



Con temperaturas altas, la radiación solar sobre el pavimento de la cubierta, generalmente cerámico, acumula gran cantidad de calor, que se transmite a la cámara a través del tablero cerámico.

El aire de la cámara se calienta, aumenta de volumen y sale al exterior por las ventilaciones previstas, por lo que se crea depresión en la cámara, que absorbe nuevo aire del exterior. Este proceso hace que el aire de la cámara esté constantemente renovado. No se transmite al hábitat a través del forjado porque lo impide el aislamiento térmico que lo protege.

En invierno, con bajas temperaturas no se calienta el pavimento, por ello el aire de la cámara es más estable y se renueva menos. Consecuentemente, desaparece la ventaja de la cámara de aire. Por eso, esta cubierta, muy artesana, no es aconsejable con climatología fría: es más cara y no produce mayor rendimiento.

Un aspecto significativo a tener en cuenta en las cubiertas ventiladas es la no necesidad de colocar barrera contra el vapor. Si el vapor producido en el hábitat atraviesa el forjado del techo y llega a la cámara de aire, su ventilación no le permite condensarse y se evapora evitando las humedades por condensación.

Con la finalidad de impedir que el agua de la lluvia pueda introducirse por las aberturas de ventilación, se deben proyectar los sumideros a un nivel inferior al de la cota de ventilación.

b) Cubierta caliente transitable

Es una variante de la anterior, pero en este caso no existe la cámara ventilada. Es una cubierta idónea en emplazamientos sometidos a inviernos rigurosos y veranos suaves. Por su susceptibilidad de acumular humedad entre sus capas, se debe colocar una capa de barrera contra el vapor el aislamiento por encima de la impermeabilización.

Para que las dilataciones del pavimento y el mortero de agarre no afecten al resto de elementos, deberá constituir una capa no solidaria al resto de la cubierta. Al igual que la cubierta ventilada, acepta todo tipo de pavimentos de acabado.



C.2.2.2 Invertida

La cubierta invertida es una cubierta plana sobre forjado en la que el aislante está situado sobre la lámina impermeabilización, al contrario que en una cubierta tradicional. Este tipo de cubierta está constituida principalmente por un forjado resistente, una capa de formación de pendiente, la impermeabilización, el aislante térmico y una capa de acabado.

El agua de lluvia traspasa las diferentes capas que componen la cubierta hasta alcanzar la impermeabilización. En el diseño de este tipo de cubiertas es muy importante prever una correcta impermeabilización del punto de desagüe, así como sellar el orificio del forjado para el paso del bajante con el fin de evitar el paso de aire.

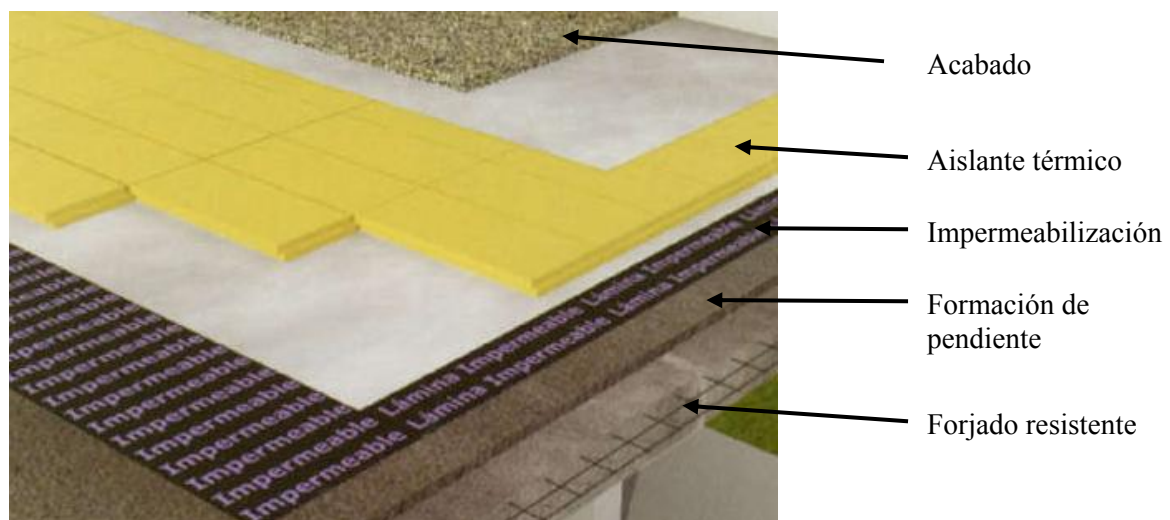


Figura C.6: Cubierta invertida. (Fuente: <http://www.interempresas.net>)

Este sistema de cubierta aporta diversas ventajas respecto a la cubierta tradicional, entre las que destacan las siguientes:

- El aislamiento protege simultáneamente la estructura del edificio y la lámina de impermeabilización, mejorando la durabilidad de esta última.
- El aislamiento térmico reduce la oscilación térmica del día y la noche, lo que conlleva la reducción de la fatiga a la que los materiales están sometidos debido a las dilataciones y contracciones, especialmente la impermeabilización.



- Las láminas de impermeabilización actúan como barrera de vapor, por lo que se minimiza el riesgo de condensaciones en la cara interior de la lámina.
- La lámina de impermeabilización queda protegida de daños mecánicos que se le puedan ocasionar durante y después de la obra como pueden ser los daños ocasionados por las raíces de la vegetación en una cubierta ajardinada.
- La lámina queda protegida de los efectos de los rayos ultravioleta del sol.

En función de la tipología del acabado, la cubierta será considerada transitable o simplemente pisable para realizar tareas de mantenimiento.

Transitable

a) Cubierta invertida con protección de losa aislante

Si se quiere tener en la cubierta del edificio una zona transitable al público, esta solución es una de las más idóneas. La solución técnica está basada en la figura C.6 pero en este caso el aislante térmico y el acabado están integrados en losas aislantes.

Las placas aislantes se proveen de fábrica con un acabado de mortero adherido a su superficie; así el aislante térmico tiene la función de lastre y también de capa de acabado, con lo que se permite que sea transitable.



Figura C.7: Losa aislante. (Fuente: propia)



Las losas aislantes están formadas por dos partes diferenciadas: poliestireno extruido que cumple la función del aislamiento térmico, y mortero u hormigón como protección pesada. Se debe incrementar un 15% el espesor del aislante obtenido en el cálculo, y absorber así la pérdida de rendimiento que sufre al mojarse. Tienen el canto achaflanado, con lo que se evita que se produzcan desperfectos en su instalación. Permite la dilatación y facilita el desagüe. Es recomendable utilizar las mayores dimensiones posibles.

b) Cubierta invertida con acabado flotante



Figura C.8: Cubierta con acabado flotante. (Fuente: <http://www.kingspan.es>)

Las losas se apoyan en seco y con juntas abiertas (para absorber las dilataciones) sobre los *plots* plásticos o de hormigón manteniendo una cámara de aire entre la losa y la capa de hormigón armado. Otra posibilidad consiste en apoyar las losas sobre la capa de grava drenante realizada tal y como se describe en la cubierta no transitable. Se recomienda colocar sobre el aislante la capa antipunzante.

La protección flotante hace especialmente sencilla la inspección y reparación del impermeabilizante. El principal inconveniente de la cubierta radica en la limitación de sobrecargas de uso por la fragilidad de las baldosas flotantes. Para evitarlo, las baldosas de terrazo o de hormigón deben armarse con alambre de alta resistencia y, en el caso de baldosas de piedra natural, su espesor debe calcularse con un coeficiente de mayoración de las cargas doble del ordinario.



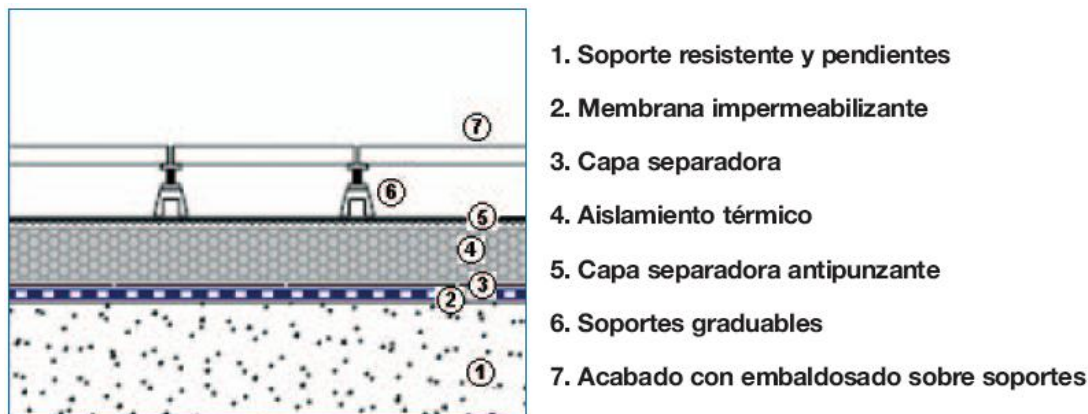


Figura C.9: Cubierta invertida con acabado flotante. (Fuente: propia)

No transitable

a) Cubierta invertida con protección de grava

Sobre la capa del aislante se coloca una capa de grava que actúa de capa drenante. Esta capa permite un acceso muy fácil a la impermeabilización en las operaciones de reparación o mantenimiento. Se recomienda un espesor igual al del aislante, siempre que al menos sea de 5 cm. El aislante debe protegerse mediante un fieltro de retención de finos en caso de haber gránulos inferiores a 10 mm.

El acabado se hace con pavimento abierto de grava redondeada, de una medida que no pueda escapar por los desagües ni haga difícil su colocación y extendido, pero con un peso suficiente para no ser arrastrada por el viento. El diámetro usual oscila entre 16 y 32 mm, con un espesor máximo de 50mm.

Conviene añadir alguna capa antirraíces cuando se prevea aparición de vegetales indeseados dentro de la grava, sobre todo en los casos de azoteas a baja altura, situadas junto a árboles más altos o en zonas con frecuentes precipitaciones.

Entre las diferentes capas y para que cada una de ellas pueda comportarse de manera independiente se suelen instalar láminas geotextiles de diferentes espesores.



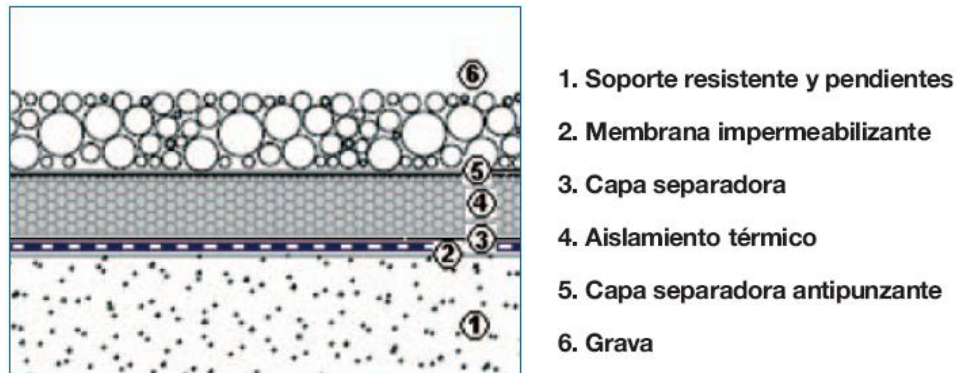


Figura C.10: Cubierta invertida con protección de grava. (Fuente: propia)

Como sustituto de la grava suelta, pueden utilizarse diferentes elementos de protección del aislante, grava aglomerada, placas ligeras colocadas sueltas (sin material de agarre), capas de mortero, etc. Las placas ligeras pueden ser piezas de aislamiento recubierto de mortero, piezas de hormigón de árido ligero u otro tipo de prefabricado ligero resistente a la intemperie.

C.2.2.3 Ajardinada

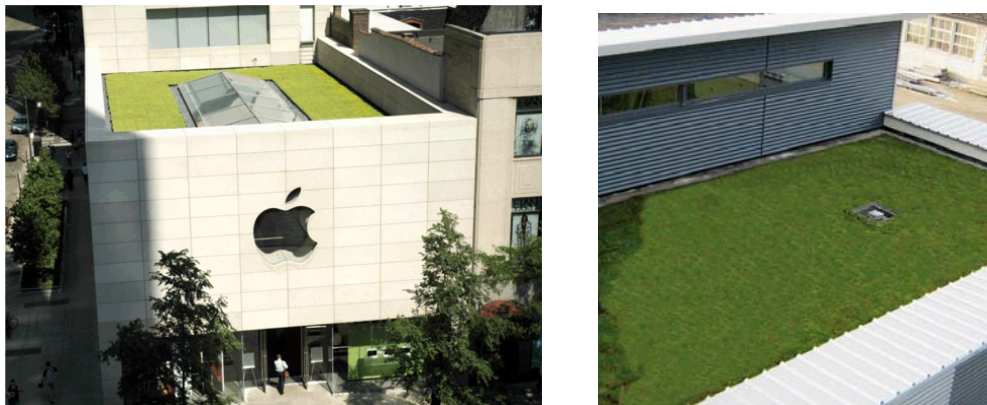


Figura C.11: Cubierta ajardinada. (Fuente: <http://www.greenroofs.com> y <http://www.derbigum.es>)

La cubierta ajardinada es un sistema de cubierta invertida para ser instalado en cubiertas planas donde la pendiente no debe superar el 3%. Dispone de un acabado constituido por una superficie vegetal ligera que precisa un mantenimiento continuo.

El desarrollo de láminas drenantes, que acumulan cierta reserva de agua, permite mantener especies vegetales con muy poco esfuerzo.



Es recomendable que los petos perimetrales sean prolongación de la base estructural de la cubierta para evitar fisuras, y que la lámina se levante al menos 15 cm en el perímetro y en todos los paramentos verticales que existan en su interior.

Habitualmente se utiliza tierra vegetal, aunque sea posible crear una cubierta ajardinada en una cubierta plana con protección de grava, mediante el uso de especies hidropónicas. El espesor de tierra vegetal debe ir en proporción al tamaño de las especies vegetales a plantar o transplantar; el espesor mínimo, en cualquier caso, debe ser de 10 cm. Por encima de espesores de 30 cm se puede eliminar la capa de aislamiento térmico, colocando una lámina geotextil antirraíces para proteger así la capa impermeabilizante. Es recomendable realizar los trabajos de jardinería posteriores con la debida precaución para evitar daños tanto a la capa drenante como a la propia impermeabilización.

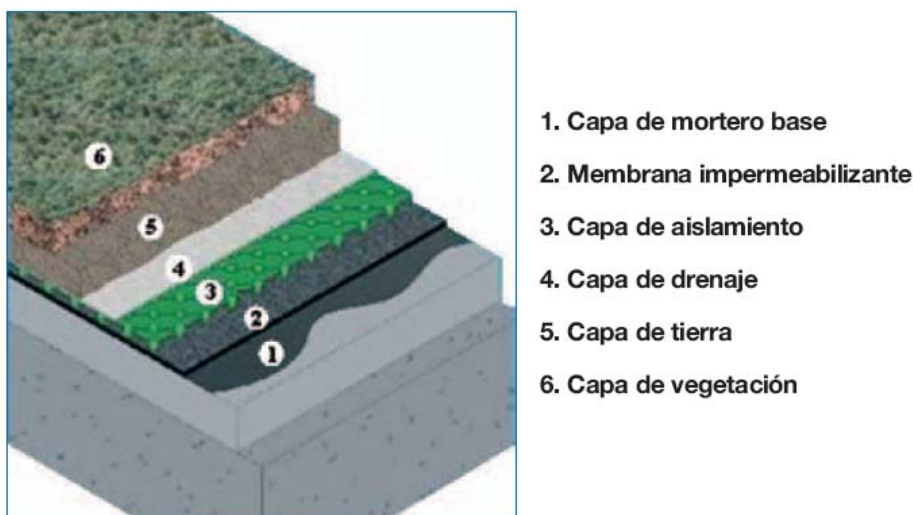


Figura C.12: Detalle de cubierta ajardinada. (Elaboración: propia)

C.2.2.4 Inundada

La cubierta plana inundada nace con la finalidad principal de aumentar la durabilidad y las prestaciones de la capa exterior de una cubierta invertida. La función del agua es la de servir de lastre y protección del impermeabilizante.



Actualmente para recubrir las cubetas que contienen el agua se utilizan mayoritariamente láminas sintéticas y recubrimientos en forma de películas impermeables adheridas al soporte.

Requieren un mantenimiento similar al de una piscina, ya que cabe la posibilidad de aparición de algas u otros organismos, o que caigan en su interior sustancias directamente relacionadas con elementos exteriores, como pueden ser hojas de árboles, polen, polvo o deposiciones de aves. Por estas razones, y para evitar su desecación por evaporación del agua, la cubierta debe estar provista de un sistema continuo de alimentación y desagüe con rebosaderos para recoger el agua sobrante en caso de lluvia. La altura mínima del agua debe ser de 10 cm.

Cuando se desee disponer de una lámina de agua visible y decorativa la frecuencia del mantenimiento será superior.

C.2.3 Curvas y tridimensionales

Esta tipología de cubiertas se utilizan por su valor estético añadido o bien para salvar distancias mayores que las planas.

La solución constructiva es variada, y depende del diseño y los materiales que se pretendan utilizar. Los materiales usados principalmente son materiales ligeros, como fibras de carbono o grafito, aluminio o aleaciones ligeras. El montaje es relativamente sencillo, ya que se trata de sistemas modulares prefabricados y éstos se elevan mediante grúas.

Para la modelación de las cubiertas tridimensionales se definen un conjunto de elementos (nudos y barras) y se ensamblan en una malla espacial que defina la cubierta. Los cálculos se realizan con ordenador, mediante programas de métodos numéricos.





Figura C.13: Cubierta curva. Edificio Tecma (Valencia). (Fuente: <http://www.quintametalica.com>)

C.2.4 Fotovoltaicas

Las cubiertas fotovoltaicas son cerramientos de cubierta y generadores de energía a la vez. La integración de los paneles fotovoltaicos habitualmente se hace en cubiertas planas o con poca inclinación, y en la medida de lo posible se evitará superponerlos. Técnicamente lo más importante es orientarlos hacia el Sur y disponerlos en una inclinación óptima, que puede variar para cada localidad de España, para obtener el máximo rendimiento energético.

Como alternativa a la instalación de paneles fotovoltaicos, últimamente se ha desarrollado el panel fotovoltaico integrado. Su concepción como un conjunto aporta al mismo tiempo elemento aislante térmico, soporte rígido de resistencia estructural (chapa metálica nervada) y lámina fotovoltaica energética.

Es una solución competitiva que reduce los costes globales y los tiempos de ejecución. Al estar totalmente integrada, las cargas estructurales a soportar son menores que un sistema convencional (cubierta + módulos fotovoltaicos) y es más resistente a los agentes atmosféricos.

Hoy en día, a pesar de que el coste de estas instalaciones tiende a reducirse y su instalación resulta más sencilla, su viabilidad es discutible ya que el precio de venta del kWh depende de un precio político.

La generación de electricidad mediante los anteriores sistemas se produce de una forma limpia y silenciosa y ocupa un espacio sin utilidad. El mantenimiento durante la vida útil,



estimada en unos treinta años, es mínimo porque se limita a su limpieza una o dos veces al año. La larga vida útil de la instalación y si el sistema de primas garantiza un precio de venta de electricidad, convierte a los sistemas fotovoltaicos en una inversión segura, fiable y rentable. Aunque se tenga que disponer de una inversión inicial, una vez amortizada, la instalación genera ingresos teniendo como único gasto los pequeños costes de mantenimiento.

Además es importante resaltar que las instalaciones fotovoltaicas colocadas sobre cubiertas o paramentos de edificaciones destinadas a oficinas no requieren la presentación de un aval ante la autoridad competente para admitir el punto de conexión a la red.



Figura C.14: Cubiertas fotovoltaicas. (Fuente: <http://www.terra.org> y <http://www.kinsolar.es>)

Como alternativa a las cubiertas fotovoltaicas, existen módulos fotovoltaicos flexibles (Figura C.11) que se instalan en las cubiertas generalmente planas asegurando la estanqueidad ya que se integra directamente en la propia impermeabilización conformada por membranas poliméricas. Estos módulos son menos eficientes que los paneles fotovoltaicos por el tipo de material (silicio amorfo) aunque tienen mejor comportamiento en radiaciones difusas. Para rentabilizar la instalación se precisan grandes superficies.



Hoy en día todo y que el coste de esta tecnología es menor, y su instalación más sencilla su viabilidad es discutible ya que la tecnología convencional ha experimentado bajadas significativas de precio.

En general la vida útil de estos sistemas, a igualdad que las placas fotovoltaicas, es de unos 30 años



Figura C.15: Módulo fotovoltaico flexible. Detalle y cubierta.
(Fuente: <http://www.cd2e.com> y <http://erenovable.com>)



ANEXO D: Divisiones interiores de un edificio de oficinas



ANEXO D: Divisiones interiores del edificio

Sumario

D.1	Consideraciones generales.....	63
D.2	Tabiques.....	65
D.2.1	De fábrica de ladrillo.....	66
D.2.2	De placas y paneles.....	66
D.2.3	Mamparas.....	68
D.2.4	Tabiques móviles.....	69
D.3	Pavimentos.....	70
D.3.1	Suelos laminados.....	70
D.3.2	Suelos pétreos.....	72
D.3.3	Suelos entarimados.....	72
D.3.4	Baldosas cerámicas.....	72
D.3.5	Suelos de terrazo.....	73
D.3.6	Suelos de PVC, linóleo y caucho sintético.....	73
D.3.7	Moquetas.....	74
D.3.8	Suelos técnicos.....	74
D.4	Falsos techos practicables.....	75
D.5	Revestimientos interiores.....	76
D.5.1	Revestimientos continuos.....	76
D.5.2	Revestimientos discontinuos.....	77
D.5.3	Láminas flexibles.....	78
D.5.4	Revestimientos ligeros.....	78



D.1 Consideraciones generales

Como divisiones interiores entendemos aquellos sistemas de elementos que separan un ambiente de otro. Debido a que día a día aparecen nuevas tecnologías y nuevos materiales, resulta difícil definir una relación exhaustiva de todas las soluciones disponibles en el mercado. No obstante, se mencionaran en los apartados siguientes las más utilizadas o más representativas.

Las divisiones interiores de un edificio de oficinas, deben cumplir una serie de requisitos. Entre ellos, proporcionar aislamiento térmico, aislamiento acústico al ruido aéreo, de impacto y, retraso al fuego y resistencia mecánica adecuada.

Dependiendo del uso de los espacios a dividir, los requerimientos se harán más restrictivos. En divisiones de locales técnicos, donde haya gran presencia de instalaciones, o de locales de diferentes titulares, se deberán tener muy en cuenta en la elección de las divisiones interiores los requerimientos de aislamiento al ruido, resistencia contra el fuego y resistencia mecánica.

Además de las divisiones propiamente dichas, en este apartado se tratarán los distintos recubrimientos de techos, paredes y suelos.

En la elección de los materiales se deberá consultar su idoneidad para el uso al que se pretendan.

Un factor a tener en cuenta son las concentraciones y la tasa de emisión de contaminantes químicos, como pueden ser el formaldehído o los compuestos orgánicos volátiles (COV), de los materiales que conforman recubrimientos y revestimientos de techos, paredes y suelos. En las tablas D.1 y D.2 se indican tales características de algunos materiales y revestimientos. Además se aconseja consultar las notas técnicas de prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo que traten de la calidad del aire en espacios interiores, como pueden ser la NTP 243 *Ambientes cerrados: calidad del aire* y la NTP 521 *Calidad de aire interior: emisiones de materiales utilizados en la construcción, decoración y mantenimiento de edificios*.



Tipo de material	Concentraciones (mg/m ³)	Tasa de emisión (mg/m ² h)
Papel de pared		
Vinilo y papel	0,95	0,04
Vinilo y fibra de vidrio	7,18	0,30
Papel pintado	0,74	0,03
Recubrimiento de pared		
Hessian	0,09	0,005
PVC ^a	2,43	0,10
Textil	39,60	1,60
Textil	1,98	0,08
Recubrimiento de suelo		
Linóleo	5,19	0,22
Fibras sintéticas	1,62	0,12
Goma	28,40	1,40
Plástico blando	3,84	0,59
PVC homogéneo	54,80	2,30
Revestimiento		
Látex acrílico	2,00	0,43
Barniz, epoxi transparente	5,45	1,30
Barniz, poliuretano, dos componentes	28,90	4,70
Barniz endurecido con ácido	3,50	0,83

(a) PVC, polivinil cloruro

Tabla D.1: Concentraciones de COV totales y tasas de emisión asociadas a diversos recubrimientos y revestimientos de suelos y paredes (Fuente: Enciclopedia de la OIT de Salud y Seguridad en el trabajo)



Tipo de material	Rango de tasas de emisión de formaldehído ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dia}$)
Paneles de fibra de densidad media	17.600 – 55.000
Paneles de pared de contrachapado de madera dura	1.500 – 34.000
Aglomerado	2.000 – 25.000
Aglomerado de espuma de urea-formaldehído	1.200 – 19.200
Contrachapado de madera blanda	240 – 720
Productos de papel	260 – 680
Productos de fibra de vidrio	400 – 470
Telas	35 – 570
Suelo flexible	0 - 240
Alfombras	0 – 65
Tapicería	0 - 7

Tabla D.2: Tasas de emisión de formaldehído de diversos materiales de decoración y productos de consumo (Fuente: Enciclopedia de la OIT de Salud y Seguridad en el trabajo)

D.2 Tabiques

El tabique es un elemento constructivo utilizado para dividir un espacio interior; es un elemento fijo, sin función estructural, que soporta únicamente su propia carga. Su construcción se puede realizar mediante distintos materiales. El uso de uno u otro material dependerá de, entre otros, los siguientes criterios:

- Programa funcional del edificio (oficina representativa, oficinas de alquiler, etc.).
- Uso al que estará destinado el espacio a compartimentar.
- Presupuesto y/o plazo de ejecución del edificio.



D.2.1 De fábrica de ladrillo

Los tabiques de fábrica de ladrillos habitualmente se utilizan en aquellas estancias que difícilmente cambiarán de uso a lo largo de la vida del edificio, tales como núcleos de rigidez verticales, zonas húmedas, zonas técnicas, así como en aquellas zonas en las que los requerimientos de resistencia al fuego sean elevados.

Existen diversos tipos dependiendo del ladrillo utilizado. En función de las características de los espacios a separar se escogerá uno u otro. Los tabiques que separan zonas húmedas, como pueden ser aseos o cocinas, deberán ser contruidos mediante ladrillos con grosor que permita alojar conducciones en su interior. Los ladrillos utilizados en tabiques que separan diferentes departamentos en un edificio de oficinas deberán ser de un grosor tal que permita cumplir las especificaciones de aislamiento al ruido (CTE/DB-HR).

Los tabiques de fábrica de ladrillo pueden ser revestidos por todo tipo de materiales y acabados.

D.2.2 De placas y paneles

Los tabiques conformados con placas y paneles producidos industrialmente solucionan la separación de locales mediante divisiones fijas. Estos tabiques se fijan directamente al suelo y al techo mediante una estructura metálica. La solución del sellado entre las placas quedará en manos del proyectista.

A continuación se enumeran los tabiques de placas y paneles más comúnmente utilizados:

- a) **Placa de cartón yeso:** Las Placas de cartón yeso constituyen el sistema más usual en la compartimentación de espacios interiores en seco. Estas placas son de fácil manipulación por sus medidas y su liviandad. Generalmente se coloca lana de vidrio para conseguir aislamiento térmico, acústico o contra fuego. La estructura metálica, donde se fijan las placas, permite la colocación en su interior de todas las instalaciones, sin realizar ninguna roza.



- b) Placas de yeso laminado:** Estos tabiques son de placas prefabricadas de yeso escayola, con refuerzo interior de fibras de vidrio. Presenta celdas tubulares longitudinales para aligerar su peso y facilitar el secado. Para delimitar locales húmedos se hace necesario colocar fieltro bituminoso en la base y aplicar producto impermeabilizante. Estas placas pueden ir insertadas en un entramado metálico que confiere al conjunto un gran aislamiento acústico y también permiten la integración de las instalaciones.
- c) Tablero aglomerado de madera:** Los tabiques de tablero aglomerado, presentan celdas tubulares longitudinales. Existe la posibilidad de ubicar instalaciones horizontalmente o verticalmente.
- d) Vidrio:** El diseño de divisiones interiores mediante tabiques de vidrio, permiten incrementar la penetración de la luz solar en el interior del edificio. Además conforma un cerramiento resistente a impactos (vidrio templado), aporta atenuación acústica y transmite imagen de limpieza e higiene. Si se requiere, gracias a las distintas tipologías que existen en el mercado (vidrio impreso, vidrio translúcido...), puede ser una división que aporte privacidad.
- e) Tabique Translúcido de Vidrio Moldeado con baldosa doble incolora:** Este también es un tabique que permite el paso de la luz a través de la placa y además posee una cámara de aire que permite mejorar las condiciones de aislamiento.
- f) Tabique de Bloque Hueco de Hormigón:** Construido con mortero de cemento Portland. Estos tabiques tienen características análogas a los de cerámica, con la ventaja que no necesitan revestimiento.
- g) Tabique de Bloque de Hormigón Aligerado Tipo Arlita:** Este tabique está construido con mortero de cemento Portland. Es más liviano que los anteriores.
- h) Tabique de Bloque de Hormigón Celular:** Está realizado con bloques macizos, livianos, lo cual permite una fácil manipulación y adaptación a los huecos, de alto rendimiento.



- i) **Con entramado metálico:** Se compone por placas de yeso laminado con armazón de perfiles metálicos y relleno intermedio de lana de vidrio. Este sistema se utiliza para conseguir tabiquerías de poco peso y gran aislamiento acústico. Se pueden integrar las instalaciones en su interior.
- j) **Placa sándwich metálica:** Estos tabiques de placa sándwich están compuestos por un acabado exterior de chapa lacada de acero y núcleo de material rígido aislante térmico y/o acústico compuesto por espuma de poliuretano o lana de roca.

D.2.3 Mamparas

Las mamparas son tabiques constituidos por una estructura metálica, generalmente vista y paneles prefabricados y modulares autoportantes; su función principal es la de delimitar espacios de trabajo físicamente y/o visualmente.

Es una partición que permite la redistribución del espacio según necesidades, ya que su montaje y desmontaje se realiza de forma sencilla.

Las mamparas son tabiques constituidos con paneles autoportantes que no llegan totalmente al suelo ni al techo, su función principal es la de delimitar espacios de trabajo físicamente y/o visualmente.

La mampara más común es la modular con doble panel con material aislante. Como principal ventaja tiene su rápida y sencilla instalación, un buen aislamiento acústico, resistencia mecánica y al fuego, además ofrece gran versatilidad en diseño y estética.

Dependiendo de los requerimientos solicitados según el proyecto, se pueden escoger mamparas:

- a) **De vidrio:** Éstas ofrecen diversas soluciones según sea el vidrio; pueden ser sencillos, dobles, dobles con persiana interior o antibalas.
- b) **Ciegas:** En éste tipo de mamparas se prima la privacidad entre los demás requerimientos.
- c) **Mixtas:** Se combinan paneles opacos con vidrio.





Figura D.1: Mamparas de vidrio, ciegas y mixtas. (Fuente: <http://www.artis.es>)

D.2.4 Tabiques móviles

Estos tabiques son unos sistemas de cerramiento y separación entre diferentes locales interiores, susceptibles de retirarse fácilmente, bien por deslizamiento, bien por plegado, uniendo de nuevo os locales separados con tal de adaptarse así a nuevos requerimientos derivados del uso.

Posibilitan, por tanto, que una misma sala tenga un uso multifuncional y disponga de altas prestaciones acústicas. Son ideales para la compartimentación de salas de conferencias y de reuniones.

Estos tabiques se componen de paneles móviles prefabricados, que por sus características de resistencia, fácil desmontaje y bajo peso (entre 35 y 75 kg/m²), son una solución muy usual para compartimentar un espacio interior de unas oficinas.

Unas guías lineales o curvadas ubicadas en el techo permiten el desplazamiento y giro de los paneles. Se pueden desplazar en una dirección o multidireccionalmente dependiendo del sistema de rodadura de que dispongan. El ajuste inferior de los módulos se realiza mediante diversos sistemas que se encuentran en el mercado.

Los paneles pueden ser simples o dobles (estos últimos pueden disponer de una cámara de aire en su interior) y normalmente los materiales utilizados son madera, cartón yeso o vidrio.



Los paneles pueden estar también unidos por bisagras; en este caso se trata de puertas plegables. También pueden ser paneles plegables que estén dispuestos horizontalmente, con plegado automático en vertical y que ubiquen los paneles en el cielo raso.

Es importante que toda la separación entre guía y techo se proteja acústicamente con una barrera fónica adicional, para mantener el aislamiento acústico entre estancias.



Figura D.2: Tabiques móviles. (Fuente: propia)

D.3 Pavimentos

Los pavimentos deben cumplir con una serie de requerimientos para disponer de una correcta seguridad al uso, mantenimiento limitado y larga vida útil. Deben ser resistentes al punzonamiento, al desgaste, estanco frente al agua y a productos químicos utilizados para su limpieza.

Estéticamente representan una parte importante del ambiente interior; por tanto en su selección se deberá tener en cuenta la imagen que se quiera transmitir.

Para respetar la calidad del aire interior, en las operaciones de limpieza se deberán seguir las indicaciones expuestas en la norma UNE 171212:2008 *Calidad del aire interior: buenas prácticas en las operaciones de limpieza*.

D.3.1 Suelos laminados

Los suelos laminados son una alternativa económica a la madera, que imitan con gran realismo. Se caracterizan por una composición en capas que las hace más resistentes al



desgaste. Aguantan bien en zonas con mucho tránsito, donde se colocan de manera sencilla y rápida. Para su instalación, no es necesario retirar el pavimento anterior, sino que se pueden colocar sobre la mayoría de las superficies.

En general, los suelos laminados son paneles (láminas) fabricados con virutas de madera unidas entre sí por resinas de gran consistencia. Esta peculiaridad aumenta su resistencia frente a la humedad, los impactos o los arañazos. Lo habitual es que tengan una base compuesta por un tablero de fibras de alta densidad (machihembrado), una capa decorativa que imita el dibujo y la textura de la madera y una película transparente que protege el conjunto.

Con frecuencia, la base de los suelos laminados se impermeabiliza para evitar el paso de la humedad. Algunos productos, incluso, disponen de cantos sellados para evitar filtraciones y una capa inferior que se coloca debajo de todo el conjunto y que frena el paso del agua hacia las capas superiores.

Este tipo de pavimento es uno de los más comunes en edificios de oficinas para alquilar ya que es relativamente económico, su instalación y reparación es sencilla, es resistente y su aspecto transmite una estética limpia, cálida y funcional. No se suelen instalar en oficinas muy transitadas o con previsión a serlo ya que dispone de una baja amortiguación del ruido.

Existen también suelos laminados que se asemejan al gres o a la piedra.



Figura D.3: Suelo laminado. (Fuente: propia)



D.3.2 Suelos pétreos

En esta tipología se agrupan los suelos de piedra ya sea natural o artificial. Por sus características es posible utilizar este recubrimiento tanto en suelos de interiores como en exteriores.

Normalmente se utilizan en los vestíbulos y en despachos de directivos ya que son considerados materiales nobles.

D.3.3 Suelos entarimados

Los suelos entarimados, comúnmente conocidos como parquet o tarimas, se realizan mediante tablas de madera.

El material empleado para estos suelos es la madera; ésta debe estar exenta de daños o imperfecciones como pueden ser alabeos, fendas y acebolladuras. Normalmente se usan las de roble, castaño, eucalipto o haya, aunque también puedan usarse maderas resinosas como el cedro, pino o abeto. Su selección dependerá de la ubicación de la obra y las especies que se encuentren en sus alrededores, ya que es un factor que determina el coste del material.

Un factor a tener en cuenta en esta tipología de suelos es que la humedad de las piezas de madera no debe superar el 10%, y cuando se coloque sobre solera, ésta debe ser impermeable.

Este tipo de suelos suele instalarse en las zonas nobles de las oficinas, salones de actos, despachos de dirección, etc.

D.3.4 Baldosas cerámicas

Los suelos conformados por baldosas cerámicas, están constituidos por piezas de arcilla con o sin recubrimiento vítreo. Son suelos que ofrecen gran durabilidad por su resistencia al rozamiento y dureza y su resistencia a cambios bruscos de temperatura, a los agentes químicos y biológicos. Son también suelos que por su incombustibilidad evitan la propagación de incendios. El único inconveniente apreciable es su baja resistencia al impacto. Existen en el mercado gran variedad de modelos y dimensiones.



D.3.5 Suelos terrazo

Los suelos de terrazo son revestimientos de cemento endurecido prefabricados en baldosas prefabricadas de diferentes dimensiones, o ejecutados in situ que consiguen superficies continuas.

En la fabricación de éstos suelos se añaden áridos pétreos en su superficie, para proporcionar coloración de fondo se adicionan pigmentos. La superficie de estos revestimientos se pulimenta.

El terrazo es uno de los materiales utilizados tanto en exteriores como en interiores de edificios, que presenta menores problemas de conservación y que tiene la característica de ser excepcionalmente resistente.

D.3.6 Suelos de PVC, linóleo y caucho sintético

Estos suelos se suelen utilizar en estancias en las que es necesario un fácil mantenimiento e impermeabilidad; son, por tanto, ideales en cocinas, *offices* y baños. Pueden ser superficies antideslizantes si el suelo incorpora gránulos de material rugoso. Estos pavimentos se presentan en losetas o rollos; estos últimos permiten cubrir grandes superficies sin existencia de juntas.

El linóleo se compone en gran parte de materiales biodegradables y es también un material antiestático. La instalación de estos suelos no es sencilla ya que se trata de un material pesado.

Y en referencia a su limpieza, se desaconseja humedecer excesivamente el material con el fin de evitar que la humedad penetre en las juntas. Además, se debe tener en cuenta que la incidencia directa de la luz solar puede decolorar los suelos de linóleo.

El PVC es un material sintético conductor y muy resistente al desgaste. Su instalación es rápida y sencilla. Se debe procurar evitar el uso de abrasivos o lejía en las operaciones de limpieza.



El caucho sintético es un material muy resistente, y económico, pero es desaconsejable utilizarlo en estancias interiores por la generación de compuestos químicos que podrían comprometer la calidad del aire interior.

D.3.7 Moquetas

Estos revestimientos, que se utilizan en suelos interiores, están elaborados a base de materiales textiles, ya sean con fibras naturales o sintéticas. Según la zona que se coloque la moqueta debe tener la clasificación UPEC solicitada. Ésta clasificación califica la calidad de los diferentes tipos de moqueta en función de las condiciones de uso de la zona o local donde se instale, y constituye la garantía de que cumplen con una serie de pruebas realizadas en laboratorios oficiales.

Este tipo de suelos deberán reservarse para zonas concretas y no generalizar su utilización ya que las moquetas generan electricidad estática además de COVs.

D.3.8 Suelos técnicos

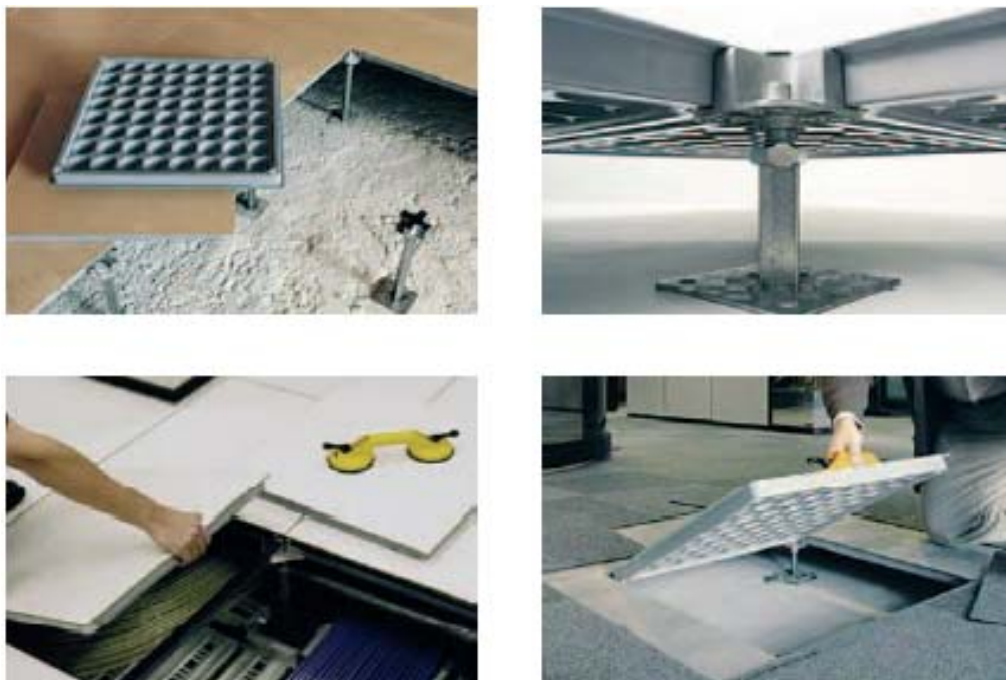


Figura D.4: Suelos técnicos. (Fuente: <http://www.ofimam.com>)



Los suelos técnicos son un sistema de pavimento basado conceptualmente en la creación de una estructura auxiliar apoyada encima del forjado susceptible de soportar elevadamente el pavimento. Facilitan el paso inferior de instalaciones y la colocación de aislamientos tipo además permite nivelar superficies.

Se trata de un conjunto de placas apoyadas directamente encima de puntales regulables.

Los puntales pueden ser metálicos o de plástico inyectado, siempre regulables en altura. Las placas admiten posteriormente acabados delgados de PVC, moqueta, madera, linóleo...

Se trata de una solución realmente práctica en edificios de oficinas ya que confiere la posibilidad de modificaciones en la distribución de los espacios y no tiene restricciones respecto a revestimientos.

En el momento de escoger las características y materiales de un falso suelo se ha de tener en cuenta el espacio interior, su aplicación, su vida útil, sus especificaciones de carga estática y dinámica, el acabado superficial deseado, la altura final, las instalaciones que han de ocultar y su posible efecto en la calidad del aire interior.

D.4 Falsos techos practicables



Figura D.5: Falso techo practicable. (Fuente: propia)

Los falsos techos generalmente se instalan para ubicar en su interior, en el plenum, canalizaciones de las instalaciones principalmente de climatización e iluminación, y así



quedar ocultas a la vista. Por motivos de diseño o decoración también se instalan para bajar alturas en locales.

Este sistema permite acceder a las canalizaciones de una forma rápida y sencilla, removiendo únicamente las piezas necesarias.

Estos techos secundarios se construyen generalmente con placas prefabricadas de escayola, PVC, aluminio o acero y se fijan mediante una estructura metálica. Pueden ser continuos o de placas individuales.

Las placas de escayola o elementos fibrosos que conforman paneles acústicos, en el momento de su instalación se recomienda que no contengan un porcentaje de humedad en peso mayor al 10%, para garantizar esta concentración debe realizarse una ventilación controlada. Estos paneles se deben almacenar en el local de su instalación de 24 a 48 hs antes de su colocación, para que se adapten a la temperatura ambiente.

Cuando se efectúan trabajos de pintura en su superficie se ha de procurar que ésta no se inserte en sus perforaciones ya que en éstas se absorben las ondas sonoras cumpliendo la función específica de material acústico.

D.5 Revestimientos interiores

Los revestimientos interiores verticales se utilizan para mejorar las propiedades y la estética de los elementos constructivos. Los requisitos de estos revestimientos son básicamente su adherencia al soporte y su facilidad de limpieza. La estética es también un factor importante a considerar, ya que la textura y el color de los acabados suponen el diseño de gran parte de los espacios interiores en un edificio de oficinas. Se ha de tener en cuenta que hay zonas que sufren más desgaste que otras como puede ser en el arrumbador, zócalo y esquinera.

D.5.1 Revestimientos continuos

Los revestimientos continuos se basan en la aplicación de capas con pastas sobre cerramientos verticales interiores. La función de estos revestimientos es adecuar los paramentos para darles posteriormente un acabado final. En la elección de estos



revestimientos se ha de tener en cuenta la compatibilidad de los materiales para poder evitar problemas posteriores de mala adherencia.

a) Yeso: El yeso es utilizado básicamente en tres tipos de recubrimiento: el guarnecido, el enlucido y el estuco. La diferencia entre estos tres tipos se basa en la textura del acabado. En el guarnecido la pasta se realiza con yeso grueso, y su acabado confiere una superficie rugosa. El enlucido confiere un acabado más fino, normalmente se aplica sobre una base de guarnecido. Los estucos se utilizan para dotar a la superficie de una textura con diseño definido. Esta solución se basa en extender capas formadas por mortero de cal y yeso coloreado.

b) Cemento y cal: El enfoscado es un revestimiento que se basa en la aplicación en un paramento de una capa de mortero de cemento o cemento y cal. También cabe la posibilidad de realizar estucos con mortero de cal, éste normalmente va coloreado o esgrafiados, estucos en los que se utilizan morteros de distintos colores.

c) Sintéticos: Son revestimientos compuestos por conglomerados basados en materiales con agregados sintéticos. Dependiendo de su composición, se puede dotar estos recubrimientos de distintas propiedades como pueden ser impermeabilidad, antimoho, gran adherencia, lavable...

D.5.2 Revestimientos discontinuos

Los revestimientos discontinuos, más comúnmente llamados alicatados, se utilizan en baños, cocinas y *offices* por su resistencia al agua, a agentes de limpieza, al fuego y no ser porosos en absoluto en su cara exterior. Los elementos cerámicos utilizados en este tipo de revestimiento generalmente son porosos interiormente, lo cual facilita la adherencia en paredes. En algunos casos cuando se utilizan piezas grandes con baja porosidad, se deben utilizar adhesivos “flexibles”.

La tipología de baldosas cerámicas es muy amplia y en su elección, se deberá tener en cuenta el tamaño de la superficie a recubrir y la estética y armonía entre distintos formatos utilizados.



D.5.3 Láminas flexibles

Los acabados mediante láminas flexibles tienen un gran abanico de colores y texturas. Básicamente existen cuatro tipos: los laminados sintéticos, los tejidos de fibra de vidrio, los laminados naturales y los textiles.

Los revestimientos sintéticos se adaptan a los movimientos del soporte, no emiten polvo ni aerosoles y su limpieza se hace sencilla. No se aconseja pintar sobre la superficie.

Los tejidos de fibra de vidrio permiten pintado en su superficie. Los soportes de este revestimiento deben ser de yeso, mortero, cartón yeso, pintura, madera o empapelados.

Los laminados naturales pueden ser de linóleo o de corcho. Los primeros son más resistentes al uso y no precisan de soporte; en cambio, los laminados de corcho son más resistentes frente al desgaste.

Los revestimientos textiles se laminan sobre soportes de papel, espuma o fieltro para hacer más fácil el encolado en el soporte, y tienen un alto rendimiento acústico. Se han de escoger adhesivos que no manchen el revestimiento y se ha de tener cura de su limpieza, ya que son revestimientos que pueden comprometer la calidad del ambiente.

D.5.4 Revestimientos ligeros

Son revestimientos para paredes interiores con alta función decorativa. Dentro de éstos podemos encontrar planchas rígidas de corcho, tableros de madera, perfiles de aluminio, plásticos y metálicos con acabado decorativo, placas rígidas de acero inoxidable o de PVC.



**ANEXO E: Datos climáticos de la ciudad de Barcelona
(Observatorio Fabra)**



ANEXO E: Datos climáticos de la ciudad de Barcelona (Observatorio Fabra)

E.1 Introducción

En este Anexo se describen las principales características climatológicas de la ciudad de Barcelona donde el edificio objeto de estudio del proyecto se encuentra ubicado. Barcelona es una ciudad situada en la costa este del mar Mediterráneo, y es por ello que su clima es fundamentalmente mediterráneo: templado la mayor parte del año, con inviernos suaves y veranos ligeramente calurosos y húmedos, con una escasa oscilación térmica diaria. Su territorio tiene una superficie de 636 km² con unos 5 km de ancho, y está limitado por el mar, la cordillera litoral y la desembocadura de los ríos Llobregat y Besós.

Los datos que a continuación se describen en el presente anexo se han extraído de los diferentes anuarios de dato meteorológicos comprendidos desde el año 1997 hasta el 2007 de la estación de radiosondaje del observatorio Fabra de Barcelona y del boletín climático del año 2008 del servicio meteorológico de Catalunya. El radiosondaje es un método de exploración de la atmósfera que nos permite conocer su estructura vertical (desde la superficie hasta 25-30 Km de altitud) mediante la medida de las principales variables termodinámicas en el lugar donde se realiza.

El observatorio Fabra se encuentra en una longitud de 02°07'27" E. Greenwich, una latitud de 41°25'05" N y una altitud de 420 m. Los datos obtenidos durante el año 2007 se presentan en forma de gráficos y tablas. Al final de este anexo se encuentra un resumen de los datos meteorológicos.

E.2 Datos meteorológicos

A continuación se muestran una serie de tablas donde se exponen algunas de las principales variables a tener en cuenta en el estudio.



E.2.1 Temperaturas

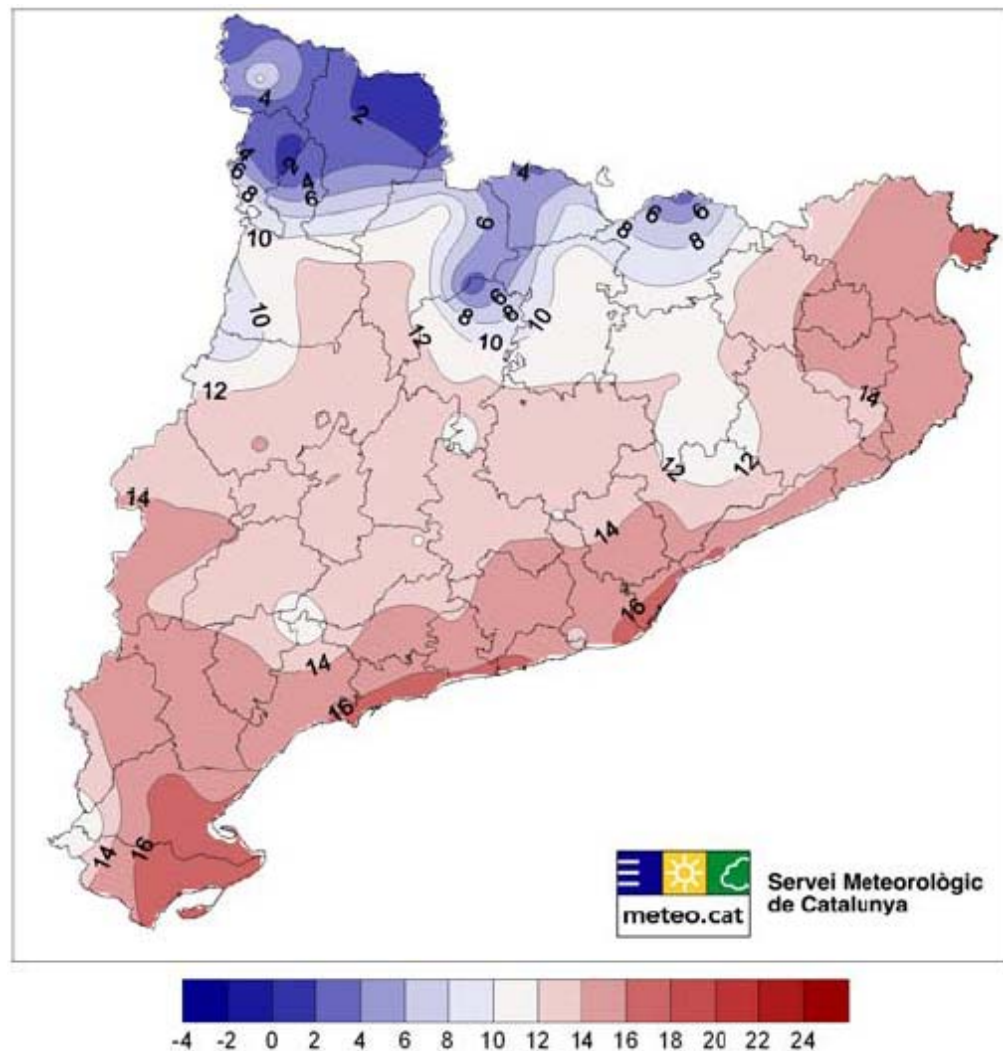


Figura E.1: Temperatura media anual de Catalunya del año 2008
(Fuente: boletín climático del año 2008 del servicio meteorológico de Catalunya)



Temperaturas (2007)						
Mes	Media mensual (°C)	Media mensual de las máximas diarias (°C)	Media mensual de las mínimas diarias (°C)	Máxima absoluta mensual (27/07)	Mínima absoluta mensual (27/01)	Oscilación térmica media mensual
Enero	9,4	14,0	6,3	21,4	-1,3	7,6
Febrero	10,5	16,0	7,4	21,4	5,0	8,6
Marzo	11,1	17,8	7,3	24,0	0,4	10,6
Abril	14,4	19,3	11,3	27,1	5,9	8,0
Mayo	17,3	24,3	12,6	29,0	7,0	11,6
Junio	21,3	29,1	16,9	34,4	12,1	12,2
Julio	22,7	30,4	18,2	34,8	14,0	12,3
Agosto	21,7	26,3	18,0	32,6	12,2	8,2
Septiembre	19,5	24,3	16,4	28,1	9,0	7,9
Octubre	15,5	19,7	12,8	26,1	7,9	6,9
Noviembre	10,4	14,0	7,6	18,1	1,0	6,4
Diciembre	8,1	11,2	5,9	16,7	1,6	5,4
MEDIA ANUAL	15,2	20,5	11,7	34,8	-1,3	8,8

Tabla E.1 Temperaturas del año 2007 (Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

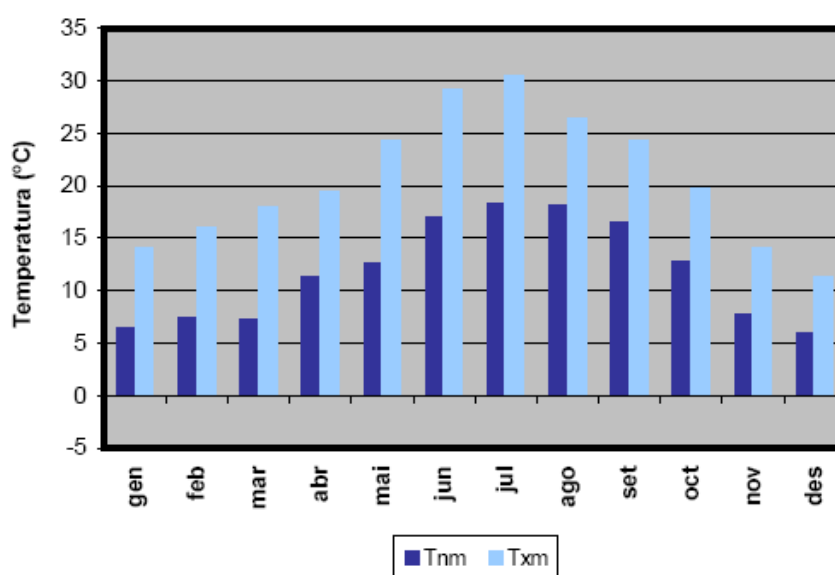


Grafico E.1: Temperaturas mínimas medias (Tnm) y máximas medias (Txm) mensuales del año 2007 (Fuente: <http://www.meteocat.com>)



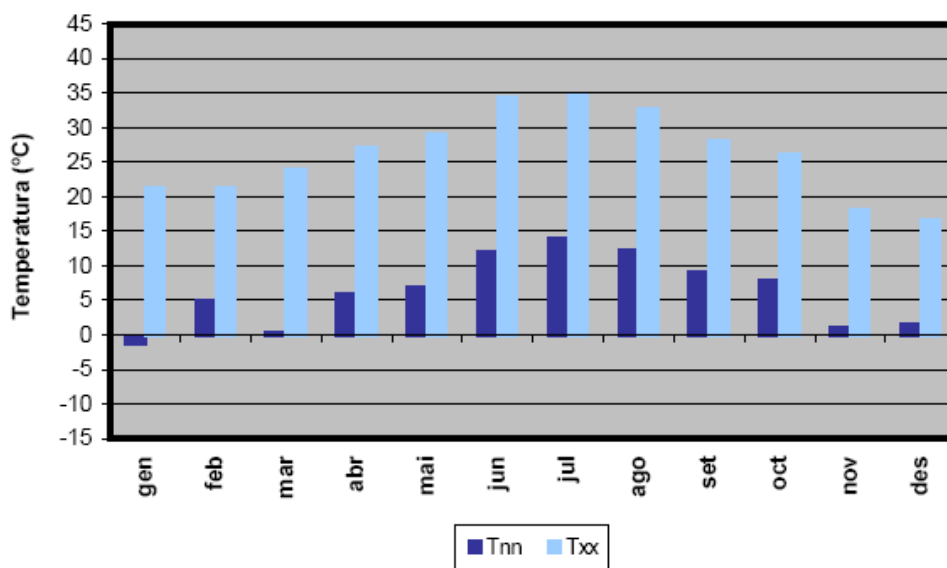


Grafico E.2: Temperaturas mínimas absolutas (Tnn) y máximas absolutas (Txx) mensuales del año 2007 (Fuente: <http://www.meteocat.com>)

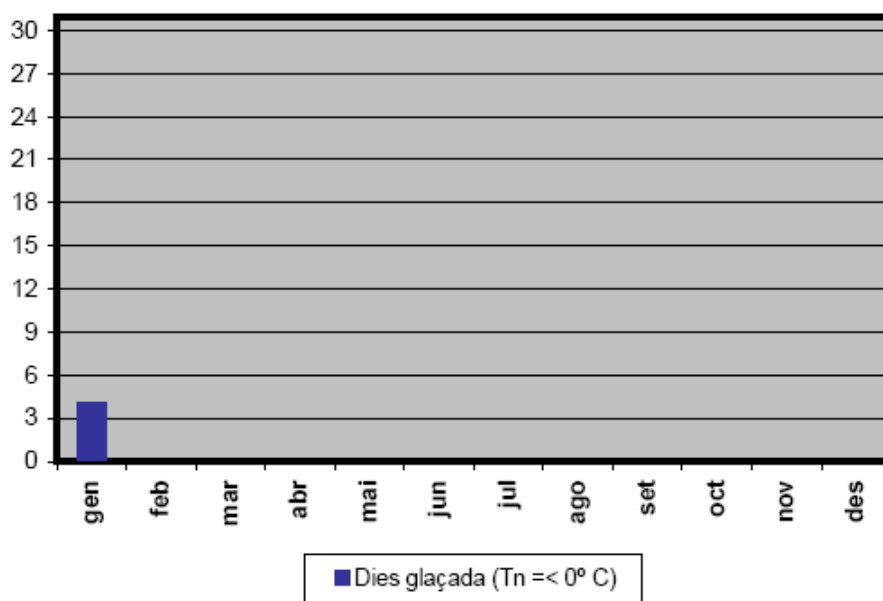


Grafico E.3: Días de heladas del año 2007 (Fuente: <http://www.meteocat.com>)



E.2.3 Precipitaciones

Precipitaciones (2007)				
Mes	Precipitación total (mm)	Precipitación mensual máxima en 24 h (mm)	Precipitación mensual máxima en 30 min (mm)	Número de días de precipitación
Enero	4,8	4,6	3,2	2
Febrero	36,2	27,4	14,2	5
Marzo	19,8	9,4	2,4	5
Abril	117,0	68,4	13,2	13
Mayo	39,8	15,4	7,4	10
Junio	0,0	0,0	0,0	0
Julio	0,6	0,4	0,4	2
Agosto	104,0	25,4	9,2	11
Septiembre	10,2	6,4	5,6	2
Octubre	186,4	49,2	22,4	12
Noviembre	1,0	0,6	0,2	2
Diciembre	18,6	8,2	2,4	6
TOTAL	538,4	68,4	22,4	70

Tabla E.2 Precipitaciones del año 2007 (Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)



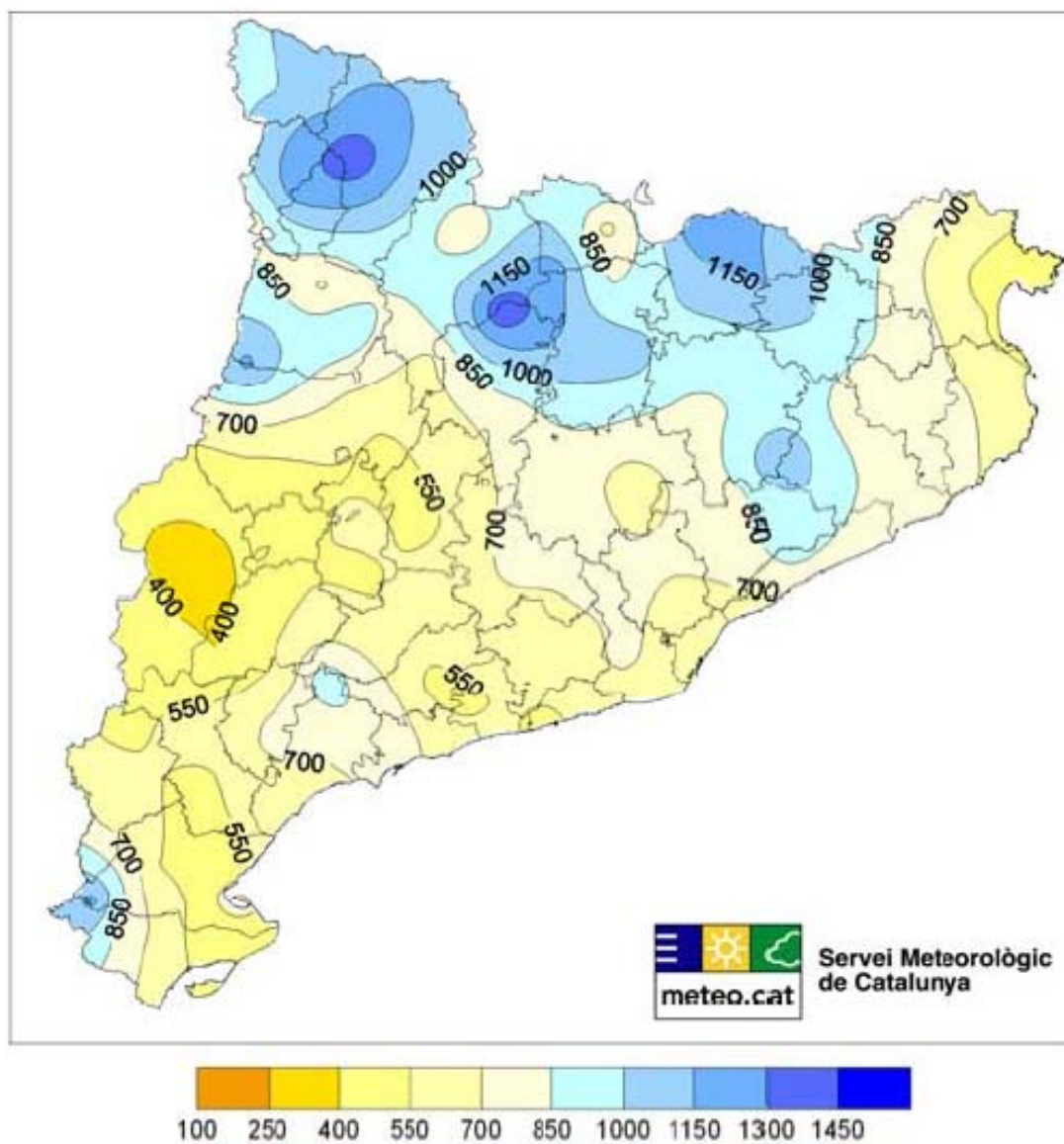


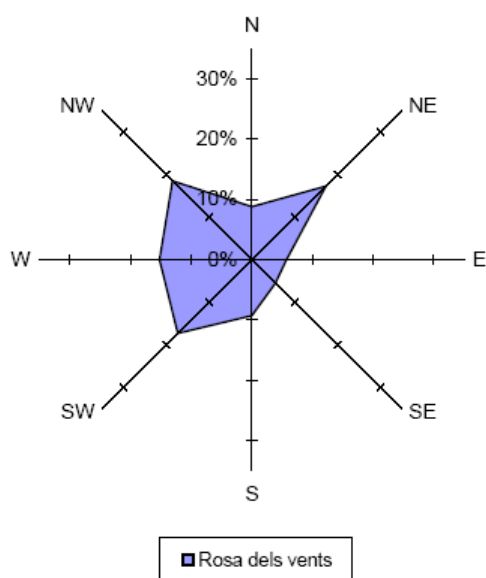
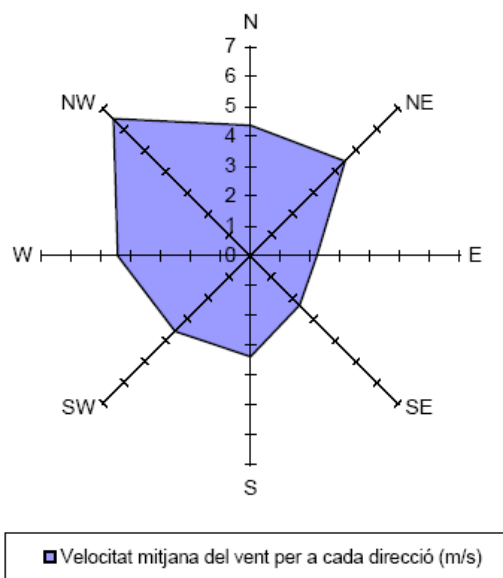
Figura E.2: Precipitación anual (mm) del año 2008
(Fuente: boletín climático del año 2008 del servicio meteorológico de Catalunya)



E.2.4 Vientos

Vientos a 10m (2007)				
Mes	Velocidad media mensual (m/s)	Dirección dominante	Media mensual de las rachas instantáneas máximas diarias (ms/s)	Máximo absoluto mensual de las rachas instantáneas (m/s)
Enero	5,4	NW	14,2	22,4
Febrero	4,5	NW	14,3	21,8
Marzo	4,9	NW	14,8	25,2
Abril	4,8	NE	12,1	20,3
Mayo	4,2	NW	13,8	24,0
Junio	4,8	W	12,1	16,6
Julio	3,4	SW	11,3	16,4
Agosto	3,7	S	11,1	19,2
Septiembre	3,6	S	9,5	16,8
Octubre	3,6	NE	10,5	21,1
Noviembre	4,4	NW	10,8	17,7
Diciembre	4,4	NE	13,2	20,6
MEDIA ANUAL	4,2	NW	12,3	25,2

Tabla E.3 Vientos a 10 m del año 2007 (Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

Figura E.3 Rosa de los vientos del año 2007
(Fuente: <http://www.meteocat.com>)Figura E.4 Velocidad media del viento para cada dirección (m/s) del año 2007
(Fuente: <http://www.meteocat.com>)

E.2.5 Humedad relativa

Humedad relativa (2007)		
Mes	Media mensual (%)	Media mensual de la H_r mínima diaria (%)
Enero	71	52
Febrero	72	48
Marzo	60	36
Abril	75	55
Mayo	65	42
Junio	62	38
Julio	67	38
Agosto	69	50
Septiembre	70	48
Octubre	74	55
Noviembre	61	46
Diciembre	65	50
MEDIA ANUAL	68	46

Tabla E.4 Humedad relativa del año 2007
(Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

E.2.6 Presión atmosférica

Presión atmosférica (2007)	
Mes	Media mensual (hPa)
Enero	d.i.
Febrero	d.i.
Marzo	d.i.
Abril	d.i.
Mayo	d.i.
Junio	d.i.
Julio	965,9
Agosto	967,8
Septiembre	970,6
Octubre	970,6
Noviembre	969,3
Diciembre	974,4
TOTAL	970,4

d.i.: datos insuficientes

Tabla E.5 Presión atmosférica del año 2007
(Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)



E.2.7 Irradiación solar

Irradiación solar (2007)	
Mes	Media mensual (MJ/m ²)
Enero	6,8
Febrero	8,6
Marzo	13,8
Abril	13,6
Mayo	20,9
Junio	21,3
Julio	19,2
Agosto	18,3
Septiembre	15,8
Octubre	11,3
Noviembre	8,6
Diciembre	6,9
MEDIA ANUAL	13,8

Tabla E.6 Irradiación solar del año 2007
(Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

E.2.8 Características climatológicas des del año 1997 hasta el 2007

Precipitación acumulada (PPT):	538,4 mm
Temperatura media (Tmm):	15,2 °C
Temperatura máxima media (Txm):	20,5 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	11,7 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	34,8 °C (27/07/2007)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	-1,3 °C (27/01/2007)
Velocidad media del viento (a 10 m):	4,2 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	NW
Humedad relativa media:	68 %
Media de la irradiación solar global diaria:	13,8 MJ/m ²

Tabla E.7 Resumen climatológico año 2007
(Fuente: Anuario 2007. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)



Precipitación acumulada (PPT):	578,0 mm
Temperatura media (Tmm):	15,7 °C
Temperatura máxima media (Txm):	21,1 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	12,3 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	40,1 °C (14/08/2003)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	-1,3 °C (13/01/2003)
Velocidad media del viento (a 10 m):	5,2 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW
Humedad relativa media:	71 %
Media de la irradiación solar global diaria:	15,0 MJ/m ²

Tabla E.8 Resumen climatológico año 2003

(Fuente: Anuario 2003. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

Precipitación acumulada (PPT):	937,2 mm
Temperatura media (Tmm):	15,1 °C
Temperatura máxima media (Txm):	19,5 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	12,2 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	33,6 °C (22/06/2002)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	3,1 °C (18/02/2002)
Velocidad media del viento (a 10 m):	5,1 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW
Humedad relativa media:	72 %
Media de la irradiación solar global diaria:	13,6 MJ/m ²

Tabla E.9 Resumen climatológico año 2002

(Fuente: Anuario 2002. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

Precipitación acumulada (PPT):	424,6 mm
Temperatura media (Tmm):	16,2 °C
Temperatura máxima media (Txm):	22,5 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	12,2 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	38,6 °C (23/06/2001)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	-1,3 °C (24/12/2001)
Velocidad media del viento (a 10 m):	5,4 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW
Humedad relativa media:	70 %
Media de la irradiación solar global diaria:	s/d

Tabla E.10 Resumen climatológico año 2001

(Fuente: Anuario 2001. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)



Precipitación acumulada (PPT):	411,6 mm
Temperatura media (Tmm):	15,4 °C
Temperatura máxima media (Txm):	21,7 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	11,7 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	37,3 °C (24/08/2000)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	0,2 °C (25/01/2000)
Velocidad media del viento (a 10 m):	5,2 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW
Humedad relativa media:	73 %
Media de la irradiación solar global diaria:	s/d

Tabla E.11 Resumen climatológico año 2000

(Fuente: Anuario 2000. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

Precipitación acumulada (PPT):	522,4 mm
Temperatura media (Tmm):	15,6 °C
Temperatura máxima media (Txm):	19,4 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	11,8 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	32,4 °C (24/08/1999)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	-2,8 °C (01/02/1999)
Velocidad media del viento (a 10 m):	4,2 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW
Humedad relativa media:	65 %
Media de la irradiación solar global diaria:	s/d

Tabla E.12 Resumen climatológico año 1999

(Fuente: Anuario 1999. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

Precipitación acumulada (PPT):	484,1 mm
Temperatura media (Tmm):	15,6 °C
Temperatura máxima media (Txm):	19,4 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	11,7 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	33,8 °C (11/08/1998)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	0,8°C (25/01/1998)
Velocidad media del viento (a 10 m):	4,4 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW
Humedad relativa media:	66 %
Media de la irradiación solar global diaria:	s/d

Tabla E.13 Resumen climatológico año 1998

(Fuente: Anuario 1998. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)



Precipitación acumulada (PPT):	464,8 mm
Temperatura media (Tmm):	15,0 °C
Temperatura máxima media (Txm):	20,5 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	11,5 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	33,7 °C (30/07/1997)
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	1,1 °C (06/12/1997)
Velocidad media del viento (a 10 m):	5,2 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW
Humedad relativa media:	72 %
Media de la irradiación solar global diaria:	15,3 MJ/m ²

Tabla E.14 Resumen climatológico año 1997
(Fuente: Anuario 1997. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra)

Año	Txx [°C]	Tnn [°C]
2007	34,8	-1,3
2003	40,1	-1,3
2002	33,6	3,1
2001	38,6	-1,3
2000	37,3	0,2
1999	32,4	-2,8
1998	33,8	0,8
1997	33,7	1,1
Media	35,5	-0,2
Extrema	40,1	-2,8

Tabla E.15 Temperaturas absolutas del periodo 1997 – 2007. Observatorio Fabra

	Valores medios	Valores extremos
Precipitación acumulada (PPT):	545,1 mm	937,2 mm
Temperatura media (Tmm):	15,5 °C	16,2 °C
Temperatura máxima media (Txm):	20,6 °C	22,5 °C
Temperatura mínima media (Tnm):	11,9 °C	12,3 °C
Temperatura máxima absoluta (Txx):	35,5 °C	40,1 °C
Temperatura mínima absoluta (Tnn):	-0,2 °C	-2,8 °C
Velocidad media del viento (a 10 m):	4,9 m/s	5,4 m/s
Dirección dominante (a 10 m):	SW	SW
Humedad relativa media:	69,6%	73 %
Media de la irradiación solar global diaria:	14,4 MJ/m ²	15,3 MJ/m ²

Tabla E.15 Valores climatológicos medios y extremos del periodo 1997-2007.
Observatorio Fabra





ANEXO F: Datos referentes al ruido de la ciudad de Barcelona



ANEXO F: Datos referentes al ruido de la ciudad de Barcelona

F.1 Introducción

F.1.1 Conceptos generales sobre el sonido y el ruido

- **El sonido**

El sonido es una perturbación que se propaga (en forma de onda sonora) en un medio, gas, líquido o sólido que produce unas variaciones de presión o vibraciones de partículas que pueden ser percibidas por el oído humano. En el aire, la energía de las ondas sonoras se propaga a una velocidad de 340 m/s, en líquidos y sólidos, la velocidad es más grande, 1.500 m/s en el agua y 5.000 m/s en el acero.

El movimiento de las partículas es un movimiento armónico simple, asociado a una gráfica sinusoidal. Cuando las partículas de aire se empujan entre sí provocan una compresión del medio fluido. Cuando vuelven a su posición de equilibrio se produce una depresión o rarefacción. El frente de onda es la superficie esférica envolvente de las partículas que han comenzado a vibrar en el mismo instante y se encuentran en la misma fase o estado de vibración.

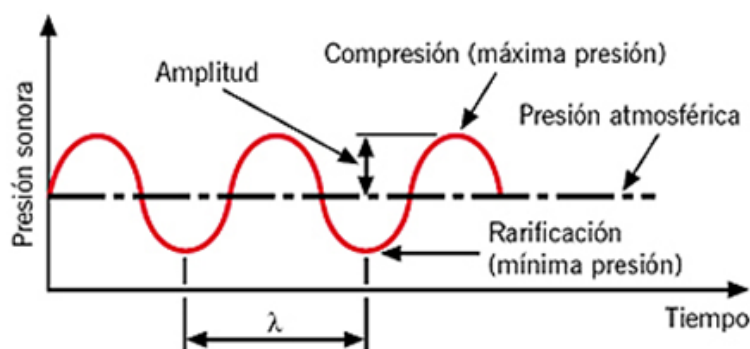


Gráfico F.1 Onda sonora (Fuente: <http://www.construnario.es>)

La magnitud que se utiliza para evaluar la perturbación del estado de equilibrio del medio donde se propaga la onda sonora es la presión sonora, que es la variación de presión por encima y por debajo de la presión atmosférica y se mide en pascales (Pa).



Las presiones sonoras son muy pequeñas comparadas con la presión atmosférica que es de 101.300 Pa. El umbral de audición, es decir, el nivel mínimo de presión sonora de un sonido para que sea audible, es de 20 μ Pa. El umbral de dolor, en que la presión sonora es tan elevada que llega a hacer daño al tímpano, es de unos 20 Pa.

Ya que el oído humano no responde linealmente a los estímulos que recibe, sino que más bien lo hace de manera logarítmica, se hace conveniente expresar los parámetros acústicos como una relación logarítmica entre el valor que se mide respecto a un valor de referencia.

La unidad en que se expresa esta relación es el decibelio (dB) y la escala lineal con grandes cifras se convierte en una escala más manejable desde 20 μ Pa, al umbral auditivo, que corresponden 0 dB, hasta 20 Pa, al umbral del dolor, que corresponden a 120 dB.

El número de variaciones de presión por segundo es la frecuencia del ruido (ver gráfico F.2) y se mide en Hertz (Hz). La percepción auditiva de una persona normal comprende desde 20 Hz hasta 20.000 Hz, pero la respuesta de nuestro oído no es lineal. El oído humano filtra o atenúa más los tonos graves o frecuencias bajas (entre 125 – 250 Hz) que los agudos o frecuencias altas (2.000 – 4.000 Hz).

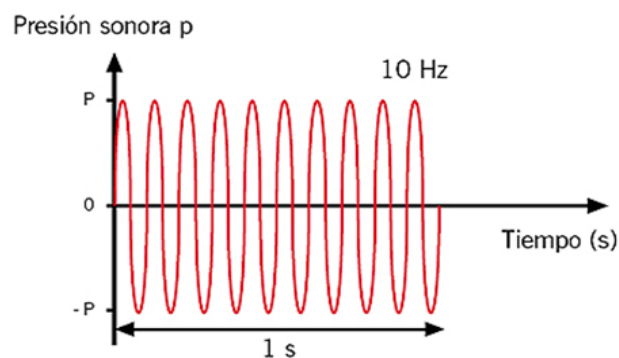


Gráfico F.2 Onda sonora. Frecuencia (Fuente: <http://www.construnario.es>)

Para simular una curva de atenuación similar al oído humano, se adoptó, internacionalmente, una curva o filtro llamado A que se ajusta aproximadamente a la respuesta del oído humano y que proporciona unos resultados que se expresan como decibelios A, dB(A). De manera subjetiva, el cambio mínimo perceptible por el oído humano es de 1 dB y hace falta un aumento de entre 8 y 10 dB, para que los sonidos parezcan significativamente más elevados.



Existen tres tipos diferenciados de sonidos definidos de la siguiente manera:

- **Sonido puro:** sonido constituido por una sola frecuencia.
- **Sonido armónico:** sonido constituido por una frecuencia fundamental y unos armónicos. Los armónicos son frecuencias múltiples de la frecuencia fundamental.
- **Sonido aleatorio:** sonido constituido por varias frecuencias relacionadas de forma aleatoria y no necesariamente múltiplos de la frecuencia fundamental.

- **El ruido**

El ruido es un contaminante físico que consiste en una mezcla compleja de sonidos de frecuencias diferentes, que produce una sensación auditiva considerada molesta o incómoda y que con el paso del tiempo y por efecto de su reiteración puede resultar perjudicial para la salud de las personas. Una banda de octava es una banda de frecuencia que está entre dos frecuencias con una relación de 2, los centros de las bandas de octava están normalizados por la ISO a números redondeados a: 63Hz; 125Hz; 250Hz; 500Hz; 1kHz, 2kHz, 4k, 8kHz y 16kHz.

Se define como ruido blanco al sonido con variación aleatoria caracterizado porque los valores de la onda sonora (periodo y amplitud) en dos instantes de tiempo no guardan correlación estadística. Como consecuencia de ello, su densidad espectral de potencia (PSD, Power Spectral Density) es una constante, esto significa que la señal contiene todas las frecuencias y todas ellas tienen la misma potencia.



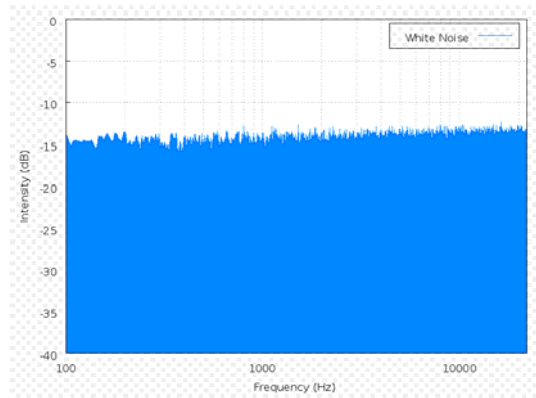


Gráfico F.3 Ruido Blanco (Fuente: <http://www.wikipedia.org>)

El ruido rosa se caracteriza por tener una PSD directamente proporcional a $1/F$, es decir, a medida que subimos la frecuencia su PSD decae 3 dB. Se utiliza frecuentemente como señal de prueba en mediciones acústicas.

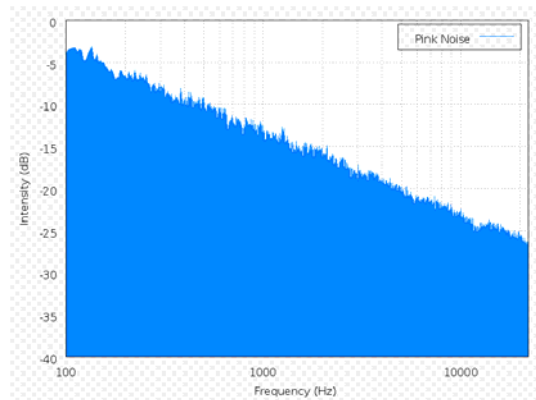


Gráfico F.4 Ruido Rosa (Fuente: <http://www.wikipedia.org>)

Existen otros tipos de ruido como pueden ser el ruido marrón (con PSD proporcional a $1/F^2$), ruido azul (con PSD proporcional a F), ruido violeta (con PSD proporcional a F^2).



- **Medición del sonido**

El sonómetro es el aparato para medir el nivel de ruido que hay en un lugar y en un momento determinado y para verificar con garantías el cumplimiento de normativas y ordenanzas de ruido.

Los elementos principales de un sonómetro son: un micrófono, un preamplificador, un amplificador y un dispositivo de lectura analógica o digital. El sonómetro procesa los niveles de ruido a medida que los recibe y los muestra sucesivamente o a intervalos de tiempo determinados. El sonómetro básico contiene, como mínimo, el filtro A, el tiempo de integración rápido “Fast”, 125 ms, y el tiempo de integración lento “slow”, 1 s. La gama de medida es de 20, 25 dB(A) hasta 120, 130 dB(A). La mayoría son también integradores, es decir, integran las variaciones o fluctuaciones de energía sonora y calculan como resultado el nivel de ruido continuo equivalente.

Algunos tipos de sonómetro son estadísticos porque facilitan también datos de niveles de ruido que han sido ultrapasados durante un porcentaje determinado de tiempo de medida. Normalmente miden los niveles siguientes: LA1,T; LA10,T; LA50,T; LA90,T; LA99,T.

Una característica de cualquier sonómetro o equipo de medida es el grado de precisión. Normas nacionales e internacionales clasifican los sonómetros según su grado de precisión. La norma CEI 651, de la Comisión Electrotécnica Internacional, los clasifica en cuatro tipos:

- Tipo 0: sonómetro patrón, típicamente para uso en laboratorios de acústica.
- Tipo 1: sonómetro de precisión.
- Tipo 2: sonómetro de uso general.
- Tipo 3: sonómetro de inspección, permite solo una apreciación de nivel.





Figura F.1 Sonómetro (Fuente: <http://www.dbmetric.com>)

Los sonómetros deben estar debidamente calibrados y para ello se utiliza el calibrador acústico que es un aparato que genera un sonido estable a un nivel y una frecuencia determinados. Para que una medida sea válida, se ha de ajustar el sonómetro al nivel de presión acústica de referencia y comprobar que este nivel se mantiene después de tomar la medida.



Figura F.2 Calibrador (Fuente: <http://www.dbmetric.com>)

Para medir ruidos con poca variación temporal, el parámetro de medida es el nivel de presión ponderado A (L_pA), pero hay muchos ruidos que varían en el tiempo, por ejemplo el ruido del tránsito, hecho que ha originado otros parámetros más descriptivos que a continuación se describen:



Nivel de ruido continuo equivalente: $L_{Aeq,T}$. Este parámetro es el más importante ya que permite referir un ruido variable, en un intervalo T, al nivel de presión sonora equivalente al de un ruido continuo, es decir, el aparato de medida hace la integración energética durante un tiempo determinado.

Niveles estadísticos: $L_{AN,T}$. En acústica, se llaman parámetros característicos a los sonidos que han estado ultrapasados durante un porcentaje determinado del tiempo de medida. Por ejemplo, $L_{A90} 45$ significa que durante el 90% del tiempo los niveles son superiores a 45 dB(A). El nivel L_{A90} de un ruido es conocido como el ruido de fondo.

Nivel de evaluación: $L_{Ar,T}$. Es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A referido a un intervalo de tiempo determinado que tiene en cuenta ajustes o penalizaciones, entre otros, según el carácter tonal y la presencia de ruidos impulsivos.

- Efectos del ruido

El ruido es un contaminante susceptible de afectar la salud de las personas y su calidad de vida, ya que, además de tener incidencia sobre la salud, también influye a la comunicación y el comportamiento.

La molestia por ruido lleva implícito un fuerte componente subjetivo. Un mismo sonido puede ser considerado agradable o molesto según sus características, las del receptor y las del momento en que se produce.

Los efectos sobre la salud pueden ser entre otros:

- disminución temporal o permanente de la capacidad auditiva
- manifestaciones de sensaciones de molestia
- nerviosismo
- irritabilidad
- interferencias en el sueño que producen: cansancio, disminución del rendimiento, disminución de la concentración en el trabajo, alteraciones del metabolismo, del sistema nervioso central, del sistema neurovegetativo, etc.



F.1.2 Legislación y antecedentes

Barcelona cumple una serie de condiciones que la caracterizan como una ciudad con una especial complejidad acústica: una extensión de 100,4 km² y una población de 1.605.602 habitantes que derivan a una alta densidad de población (15.000 habitantes por km²), un alto nivel de tránsito (6 millones de desplazamientos diarios), una gran oferta de actividades comerciales, culturales y de ocio, un gran eje de turismo a nivel europeo además de ser una ciudad con gran actividad industrial.

En el año 1990 el Ayuntamiento de Barcelona publicó su primer mapa del ruido. Tras la gran transformación urbanística que sufrió la ciudad a raíz de los Juegos Olímpicos del 1992, con la entrada en funcionamiento de las rondas y la aparición de nuevas zonas de viviendas y de ocio. Se creyó conveniente y necesario, en el año 1997, la realización de un nuevo mapa del ruido con el objetivo de conocer los niveles sonoros actualizados así como las variaciones experimentadas respecto al mapa del 1990.

En marzo del 1999 fue aprobada por acuerdo del Consejo Plenario del Ayuntamiento de Barcelona la Ordenanza General del Medio Ambiente Urbano que, dedica tu Título III y el anejo III a la contaminación acústica.

En el año 2000, el Ayuntamiento publicó la zonificación acústica de la ciudad de Barcelona, donde se delimitaba el municipio en 4 zonas diferenciadas por su sensibilidad acústica.

A partir del 2002 aparece un nuevo marco legislativo que se inicia con la Directiva de la Unión Europea 2002/49/CE que define la:

- Ley 16/2002 de la Generalitat de Catalunya, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Debido a los cambios que ha ido sufriendo la ciudad en 10 años y dentro de un nuevo marco legislativo se creyó de gran interés la realización de un nuevo mapa del ruido. En el año



2007 se elaboró el mapa del ruido de la ciudad de Barcelona y éste es el mapa más actual que se dispone.

F.2 Mapa del ruido de la ciudad de Barcelona

Los mapas de la situación acústica existente representan los niveles de ruido ambiental producido por diferentes fuentes de ruido en una zona determinada. Estos mapas se pueden realizar mediante medidas in situ o mediante cálculos y uso de herramientas informáticas que implementan los modelos de predicción. Se basan en la obtención de datos del nivel de ruido de los diferentes emisores acústicos existentes, en un nombre suficiente y representativo que permita estimar las condiciones acústicas mediante muestra temporal y espacial o cálculos.

Los mapas estratégicos de ruido son mapas para evaluar globalmente la exposición de la población al ruido producido por diferentes fuentes de ruido en una zona determinada, y para servir de base para la elaboración de planes de acción.

Han de elaborar mapas estratégicos de ruido:

- Las entidades locales que formen una aglomeración de más de 100.000 habitantes, de ámbito municipal o supramunicipal.
- Las administraciones titulares de infraestructuras de transporte.

Los mapas estratégicos de ruido se han de elaborar cada cinco años, y han de estar a disposición del público. Esta información ha de ser clara, inteligible y fácilmente accesible para la población.

En los primeros mapas estratégicos ha de constar como mínimo:

- Situación acústica existente según los índices de ruido:
 - o L_{den} : índice de ruido día-tarde-noche
 - o L_d : índice de ruido día
 - o L_n : índice de ruido noche
- Nombre estimado de personas situadas en una zona expuesta al ruido.



Los municipios forman aglomeración si cumplen las siguientes condiciones:

- Más de 100.000 habitantes.
- Existencia de sectores del territorio con una densidad de población igual o superior a 3.000 habitantes por km².
- Existencia de dos o más sectores del territorio donde, a demás de cumplirse la condición anterior, se verifica que la distancia horizontal entre sus dos puntos mas cercanos es igual o inferior a 500 m.

En Catalunya hay más de 12 aglomeraciones de más de 100.000 habitantes, constituidas por 23 municipios y 3.343.779 habitantes.

En una primera fase de aplicación de la Directiva 2002/49/CE, de 25 de junio, sobre evaluación y gestión ambiental del ruido, se establece la necesidad de hacer mapas estratégicos de ruido para aglomeraciones de más de 250.000 habitantes. En Catalunya, se constituyen 3 aglomeraciones de ámbito municipal y 7 aglomeraciones de ámbito supramunicipal.



Figura F.3 Aglomeraciones en Catalunya (Fuente: <http://www.gencat.cat>)



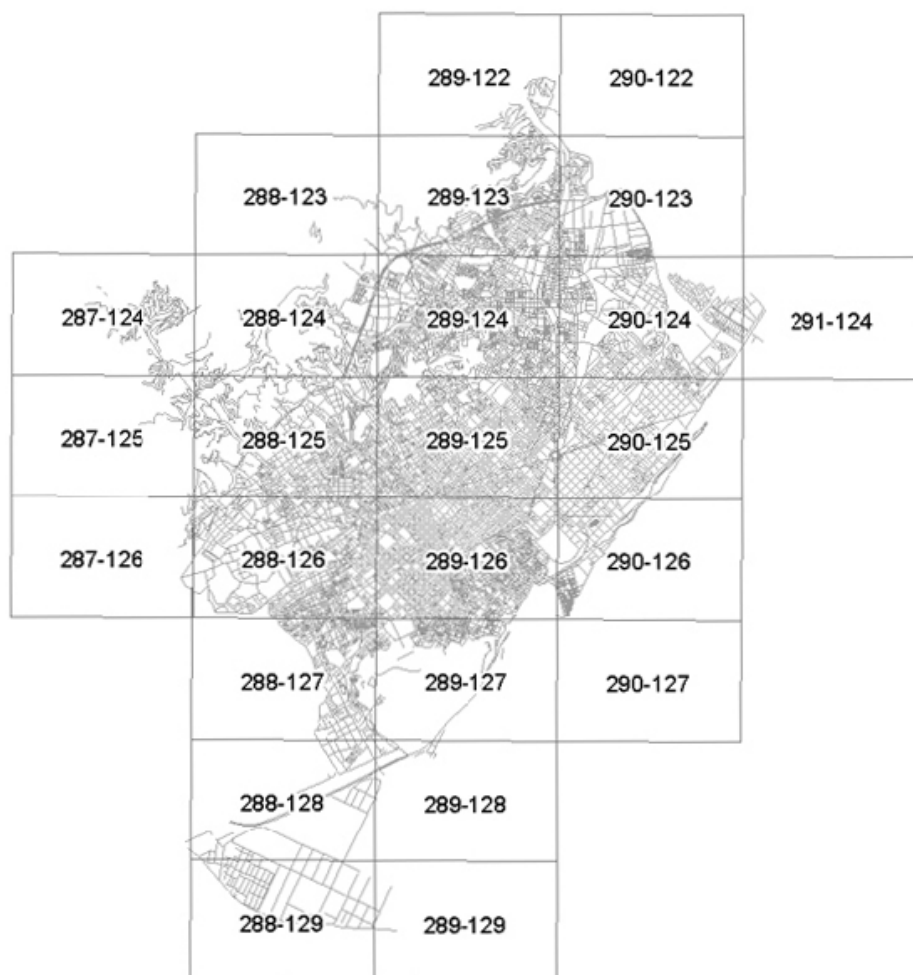
Una de las aglomeraciones de ámbito supramunicipal es la del Barcelonés que está constituida por los municipios de Barcelona y de Sant Adrià de Besòs. El municipio de Barcelona cuenta con una superficie de 100,4 km², de los cuales el suelo urbano es aproximadamente 62 km² y una población de 1.614.019 habitantes y el municipio de Sant Adrià del Besos tiene una superficie de 3,87 km², toda en suelo urbano y de 32.510 habitantes.



Figura F.4 Aglomeración supramunicipal del Barcelonés (Fuente: <http://www.gencat.cat>)

La aglomeración del Barcelonés se divide en 25 zonas donde en cada una de ellas se ha elaborado los mapas estratégicos del ruido. A continuación se muestra en la figura F.5 la delimitación de las distintas zonas.



Mapes**Mapa L_{den}** : Representació de l'índex de soroll dia-vespre-nit**Mapa L_d** : Representació de l'índex de soroll de dia**Mapa L_n** : Representació de l'índex de soroll de nit**Figura F.5** Aglomeración supramunicipal del Barcelonés (Fuente: <http://www.gencat.cat>)

En cada una de las zonas se dispone de tres mapas de ruido en los que se indican los diferentes índices de ruido (día-tarde-noche, día y noche). En las siguientes figuras se muestran los diferentes mapas de la zona de Barcelona correspondiente al distrito de Ciutat Vella.



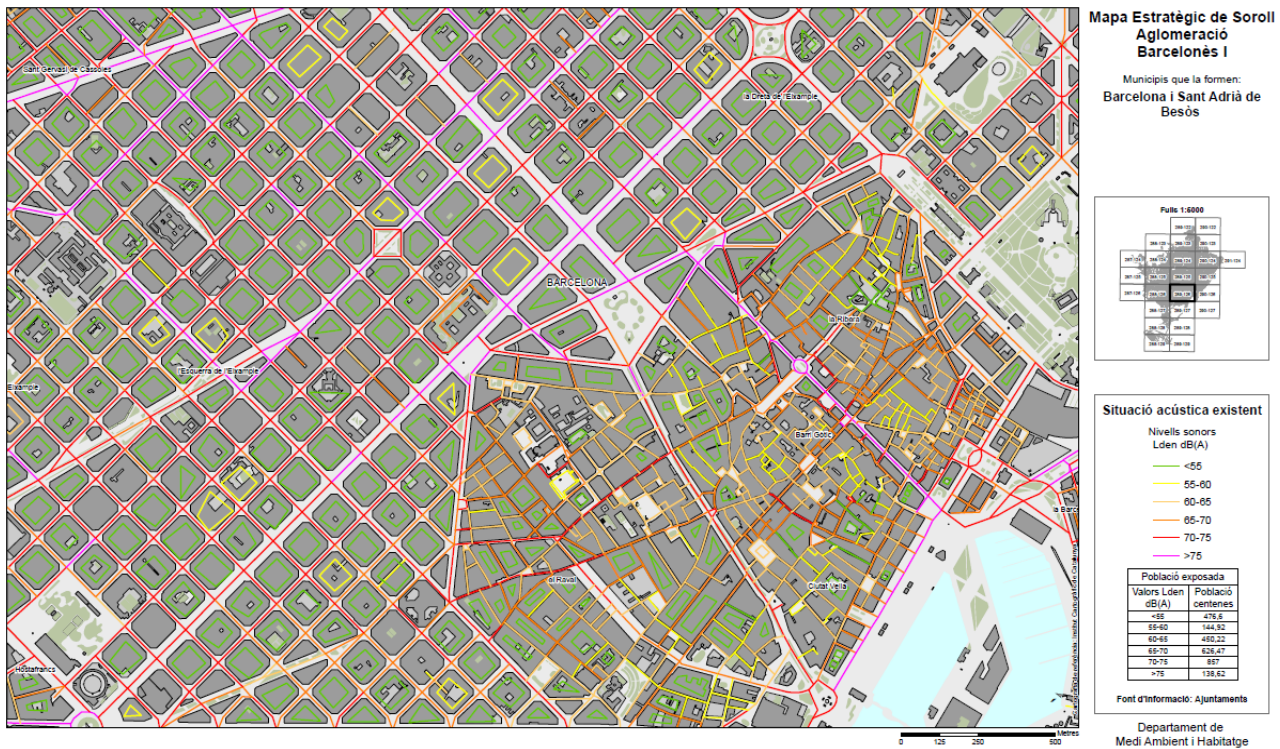


Figura F.6 Mapa estratégico del ruido índice día-tarde-noche de Barcelona. Ciutat Vella (Fuente: <http://www.gencat.cat>)

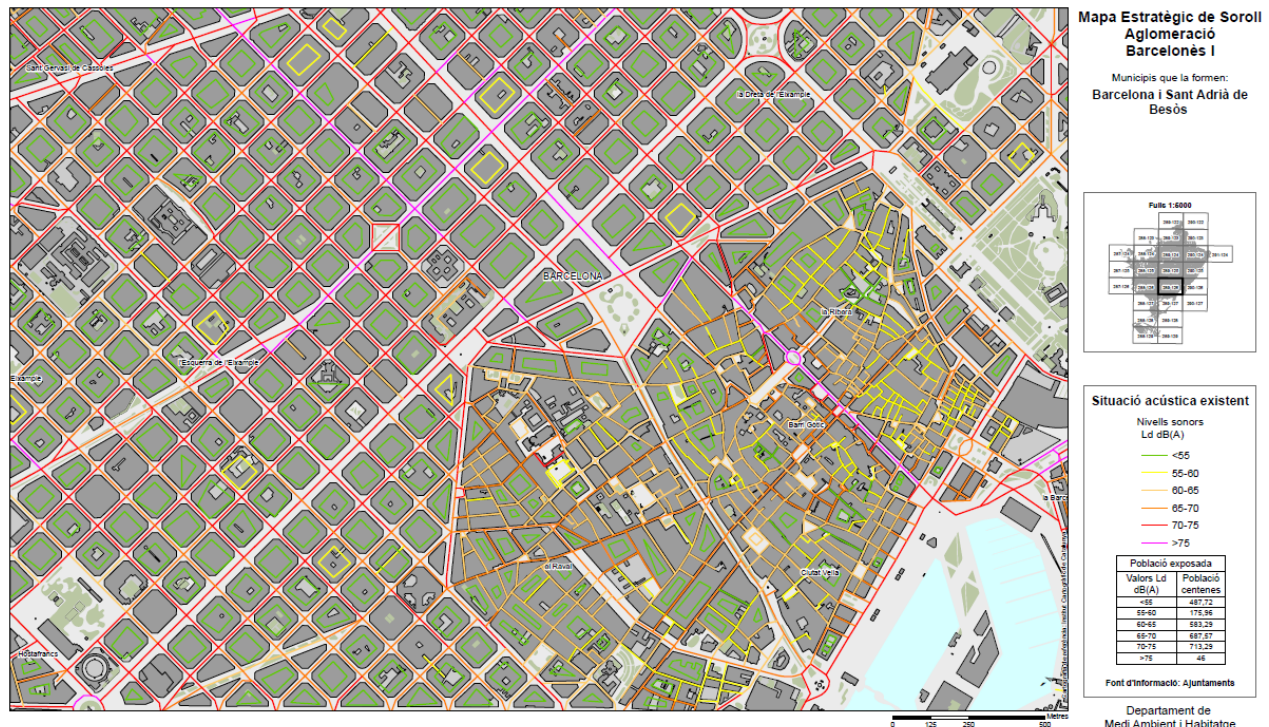


Figura F.7 Mapa estratégico del ruido índice día de Barcelona. Ciutat Vella (Fuente: <http://www.gencat.cat>)





Figura F.8 Mapa estratégico del ruido índice noche de Barcelona. Ciutat Vella (Fuente: <http://www.gencat.cat>)

• Zonificación acústica de la ciudad de Barcelona

Según BOPB (Butlletí Oficial de la Província de Barcelona) número 69 de 21/03/01, se establece una zonificación acústica de la ciudad de Barcelona según los niveles guía de los índices ruido día y noche.

Zona	Definició	Dia 7-22 h. Nit 22-7 h.	
I	Sectors del territori d'alt confort acústic	60 dBA	50 dBA
II	Sectors d'ús d'habitatge i residencial	65 dBA	55 dBA
III	Sectors d'ús d'habitatge, residencial, comercial i de serveis	70 dBA	60 dBA
IV	Sectors d'ús industrial	75 dBA	65 dBA
V	Servituds acústiques	-	-

Figura F.8 Zonas acústicas de la ciudad de Barcelona (Fuente: BOPB, 69, 21.03.01)





ANEXO G: Acciones en la edificación en las fachadas de edificios de oficinas



ANEXO G: Acciones en la edificación en fachadas de edificios de oficinas

G.1 Introducción

En este Anexo se transcribe la parte del Documento Básico de Seguridad Estructural referente a acciones en la edificación del Código Técnico de la Edificación (CTE –DB/SE-AE) aplicable a las fachadas de un edificio de oficinas, además se calculan e indican los valores de los parámetros según el edificio objeto de estudio de el Proyecto ubicado en la ciudad de Barcelona.

El orden de la información de este anexo difiere con el que se muestra en el CTE ya que sus anexos no se muestran al final del documento sino que se introducen donde el texto lo menciona para así facilitar el seguimiento de los cálculos y conclusiones. En el momento que se requiere de un anexo se transcribe en el lugar donde se menciona.

Se indica en recuadros sombreados en gris los comentarios y cálculos referentes a el caso concreto del edificio de oficinas objeto del presente proyecto.

G.2 CTE-DB/SE-AE en fachadas de edificios de oficinas

Terminología

Carga: Fuerza, debida a la gravedad, que actúa sobre un edificio y que interesa a su estructura.

Esbeltez de un edificio (λ): Relación entre la máxima altura sobre rasante y el fondo en la dirección del viento.

Impacto: Colisión entre un cuerpo en movimiento y una construcción.

Peso propio (p): Carga producida por la gravedad en la masa de los elementos constructivos.



Superficie de aplicación: Superficie sobre la que actúa una fuerza concentrada.

Temperatura ambiente (T_{amb}): Temperatura del aire exterior en el emplazamiento de un edificio.

Valor básico de la velocidad del viento (v_b): Valor característico de la velocidad media del viento a lo largo de un periodo de 10 minutos, tomada en zona plana y desprotegida frente al viento a una altura de 10 m sobre el suelo. Dicho valor característico es el valor cuya probabilidad anual de ser sobrepasado es de 0,02 (periodo de retorno de 50 años).

Valor característico: Es el principal valor representativo de una variable.

Notaciones y unidades

Notación	Concepto	Unidad
c_e	Coefficiente de exposición	[adimensional]
c_p	Coefficiente eólico de presión	[adimensional]
δ	Densidad del aire	[kg/m ³]
h	Altura del edificio	[m]
λ	Esbeltez de un edificio	[adimensional]
m	Masa	[kg]
p	Peso propio	[kN, kN/m, kN/m ²]
q	Sobrecarga de uso	[kN, kN/m, kN/m ²]
q_b	Valor básico de la presión dinámica del viento	[kN/m ²]
v_b	Valor básico de la velocidad del viento	[m/s]
z	Altura de referencia	[m]

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

1 El campo de aplicación de este Documento Básico es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.



2 Acciones permanentes

2.1 Peso propio

1 El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.

2 El valor característico del peso propio de los elementos constructivos, se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios. En el Anejo C se incluyen los pesos de materiales, productos y elementos constructivos típicos.

ANEJO C. PRONTUARIO DE PESOS Y COEFICIENTES DE ROZAMIENTO INTERNO

Tabla C.2 Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura

Materiales y elementos	Peso kN/m ²	Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Aislante (lana de vidrio o roca)		Tablero de madera, 25 mm espesor	0,15
por cada 10 mm de espesor	0,02	Tablero de rasilla, una hoja	
Chapas grecadas, canto 80 mm,		una hoja sin revestir	0,40
Acero 0,8 mm espesor	0,12	una hoja más tendido de yeso	0,50
Aluminio, 0 8 mm espesor	0,04	Tejas planas (sin enlistonado)	
Plomo, 1,5 mm espesor	0,18	ligeras (24 kg/pieza)	0,30
Zinc, 1,2 mm espesor	0,10	corrientes (3,0 kg/pieza)	0,40
Cartón embreado, por capa	0,05	pesadas (3,6 kg/pieza)	0,50
Enlistonado	0,05	Tejas curvas (sin enlistonado)	
Hoja de plástico armada, 1,2 mm	0,02	ligeras (1,6 kg/pieza)	0,40
Pizarra, sin enlistonado		corrientes (2,0 kg/pieza)	0,50
solape simple	0,20	pesadas (2,4 kg/pieza)	0,60
solape doble	0,30	Vidriera (incluida la carpintería)	
Placas de fibrocemento, 6 mm espesor	0,18	vidrio normal, 5 mm espesor	0,25
		vidrio armado, 6 mm espesor	0,35



Tabla C.1 Peso específico aparente de materiales de construcción

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³	Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³
Materiales de albañilería		Madera	
Arenisca	21,0 a 27,0	Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalto	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calizas compactas, mármoles	28,0	Tablero contrachapado	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tablero cartón gris	8,0
Granito	27,0 a 30,0	Aglomerado con cemento	12,0
Sienita, diorita, pórfido	28,0	Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tablero ligero	4,0
Fábricas		Metales	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0	Acero	77,0 a 78,5
Bloque hueco de yeso	10,0	Aluminio	27,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0	Bronce	83,0 a 85,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0	Cobre	87,0 a 89,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0	Estaño	74,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0	Hierro colado	71,0 a 72,5
Mampostería con mortero		Hierro forjado	76,0
de arenisca	24,0	Latón	83,0 a 85,0
de basalto	27,0	Plomo	112,0 a 114,0
de caliza compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granito	26,0	Plásticos y orgánicos	
Sillería		Caucho en plancha	17,0
de arenisca	26,0	Lámina acrílica	12,0
de arenisca o caliza porosas	24,0	Linóleo en plancha	12,0
de basalto	30,0	Mástico en plancha	21,0
de caliza compacta o mármol	28,0	Poliestireno expandido	0,3
de granito	28,0	Otros	
Hormigones y morteros		Adobe	16,0
Hormigón ligero	9,0 a 20,0	Asfalto	24,0
Hormigón normal ⁽¹⁾	24,0	Baldosa cerámica	18,0
Hormigón pesado	> 28,0	Baldosa de gres	19,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0	Papel	11,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0	Pizarra	29,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0	Vidrio	25,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0		

⁽¹⁾ En hormigón armado con armados usuales o fresco aumenta 1 kN/m³

5 El peso de las fachadas y elementos de compartimentación pesados, tratados como acción local, se asignará como a aquellos elementos que inequívocamente vayan a soportarlos, teniendo en cuenta, en su caso, la posibilidad de reparto a elementos adyacentes y los efectos de arcos de descarga.

En caso de continuidad con plantas inferiores, debe considerarse, del lado de la seguridad del elemento, que la totalidad de su peso gravita sobre sí mismo.

En el caso de estudio se tendrá en cuenta el peso propio de la fachada solo en el caso que éste repercuta en la misma.



3 ACCIONES VARIABLES

3.3 Viento

3.3.1 Generalidades

1 La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

3.3.2 Acción del viento

1 La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (3.1)$$

siendo:

q_b la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse $0,5 \text{ kN/m}^2$. Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

ANEJO D. ACCIÓN DEL VIENTO

D1. Presión dinámica

1 El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 \quad (D.1)$$

siendo δ la densidad del aire y v_b el valor básico de la velocidad del viento.

4 El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de $0,42 \text{ kN/m}^2$, $0,45 \text{ kN/m}^2$ y $0,52 \text{ kN/m}^2$ para las zonas A, B y C de dicho mapa.



Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

Barcelona → Zona C → valor básico de la velocidad del viento $v_b = 29$ m/s

Considerando lo indicado en el anejo D.1-4 → Presión dinámica $q_b = 0,52$ kN/m²

Considerando lo indicado en el anejo D.1-1 → Presión dinámica $q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \text{ [kg/m}^3] \cdot (29 \text{ [m/s]})^2 = 525,625 \text{ N/m}^2 = 5,256 \text{ kN/m}^2$$

Se tendrá en cuenta para el cálculo el valor más exacto: $q_b = 5,256$ kN/m²

c_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.



3.3.3 Coeficiente de exposición

1 El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.4, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento. Para alturas superiores a 30 m los valores deben obtenerse de las expresiones generales que se recogen en el Anejo D. Para paneles prefabricados de gran formato el punto a considerar es su punto medio.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

- 3 A efectos de grado de aspereza, el entorno del edificio se clasificará en el primero de los tipos de la tabla 3.4 al que pertenezca, para la dirección de viento analizada.

Si consideramos solo el punto más desfavorable $h = 30$ m y grado de aspereza V(*):

$c_e = 2,0$ (según tabla 3.4)

(*) Se considera grado de aspereza V ya que los valores considerados en las tablas 3.4 y D.2 para este grado reflejan más la realidad. En el *Eurocódigo 1. Parte 2-4: acciones en estructuras. Acciones del viento* en la tabla 8.1, que se muestra a continuación, se indica una categoría IV del terreno corresponde a áreas urbanas con al menos el 15% de su superficie cubierta con edificios de altura media mayor de 15 m. Se considera conveniente escoger esta definición para un edificio ubicado en la zona urbana de Barcelona. Los valores de los diferentes coeficientes que se consideran en el Eurocódigo 1 se asemejan a los valores indicados para un grado de aspereza V de las tablas del CTE/DB-AE.



Tabla 8.1
Categorías del terreno y parámetros relativos utilizados en esta Parte

Categoría del terreno	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	e
I Mar abierto, lagos de al menos 5 km de <i>fetch</i> en la dirección del viento, terreno llano sin obstáculos	0,17	0,01	2	[0,13]
II Granjas con setos, pequeñas estructuras agrarias ocasionales, casas o árboles	0,19	0,05	4	[0,26]
III Áreas suburbanas o industriales, bosques permanentes	0,22	0,3	8	[0,37]
IV Áreas urbanas con al menos el 15% de su superficie cubierta con edificios de altura media mayor de 15 m	0,24	1	16	[0,46]

NOTA – Los parámetros de la tabla 8.1 están calibrados para conseguir el mejor ajuste de los datos disponibles. Los valores k_r , z_0 y z_{min} se utilizan en el apartado 8.2, y el valor e se utiliza en el anexo B (capítulo 3).

ANEJO D. ACCIÓN DEL VIENTO

D2. Coeficiente de exposición

D.2 Coeficiente de exposición

1 El coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7k) \quad (D.2)$$

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L) \quad (D.3)$$

siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0



Altura del edificio $z = 30$ m

de aspereza del entorno V: $k = 0,24$; $L = 1,0$ m y $Z = 10$ m

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L) = 0,24 \ln (\max (30, 10) / 1,0) = 0,816$$

$$c_e = F \cdot (F + 7 k) = 0,816 \cdot (0,816 + 7 \cdot 0,24) = 2,038$$

Se tendrá en cuenta el valor más exacto entre los calculados según la tabla 3.4 y el anejo

D.2: $c_e = 2,038$

c_p el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

3.3.4 Coeficiente eólico de edificios de pisos

1 En edificios de pisos, con forjados que conectan todas las fachadas a intervalos regulares, con huecos o ventanas pequeños practicables o herméticos, y compartimentados interiormente, para el análisis global de la estructura, bastará considerar coeficientes eólicos globales a barlovento y sotavento, aplicando la acción de viento a la superficie proyección del volumen edificado en un plano perpendicular a la acción de viento. Como coeficientes eólicos globales, podrán adoptarse los de la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Este valor se tendría en cuenta en un estudio de estructura, como lo que se quiere obtener son los valores de la fuerza del viento que tendrá que soportar un elemento de fachada, se procederá en el siguiente apartado a determinar los esfuerzos en que la fachada se encuentra sometida.



3.3.5 Coeficiente eólico de naves y construcciones diáfanas

2 A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se podrá utilizar la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.3, que recogen el pésimo en cada punto debido a varias direcciones de viento. A los efectos locales, tales como correas, paneles de cerramiento, o anclajes, deben utilizarse los valores correspondientes a la zona o zonas en que se encuentra ubicado dicho elemento.

ANEJO D. ACCIÓN DEL VIENTO

D.3 Coeficientes de presión exterior

1 Los coeficientes de presión exterior o eólico, c_p , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia.

2 En las tablas D.3 a D.13 se dan valores de coeficientes de presión para diversas formas simples de construcciones, obtenidos como el pésimo de entre los del abanico de direcciones de viento definidas en cada caso. En todas ellas la variable A se refiere al área de influencia del elemento o punto considerado. El signo “ ” indica que el valor es idéntico al de la casilla superior. Cuando se aportan dos valores de distinto signo separados, significa que la acción de viento en la zona considerada puede variar de presión a succión, y que deben considerarse las dos posibilidades. En todas las tablas puede interpolarse linealmente para valores intermedios de las variables. Los valores nulos se ofrecen para poder interpolar.

3 Para comprobaciones locales de elementos de fachada o cubierta, el área de influencia será la del propio elemento. Para comprobaciones de elementos estructurales subyacentes, el área de asignación de carga. Si la zona tributaria del elemento se desarrolla en dos o más zonas de las establecidas en las tablas, como es el caso de análisis de elementos estructurales generales, el uso de los coeficientes tabulados opera del lado de la seguridad, toda vez que no representan valores simultáneos de la acción de viento.



4 Para elementos con área de influencia A, entre 1 m² y 10 m², el coeficiente de presión exterior se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A \quad (D.4)$$

siendo:

$c_{pe,10}$ coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia $A \geq 10 \text{ m}^2$

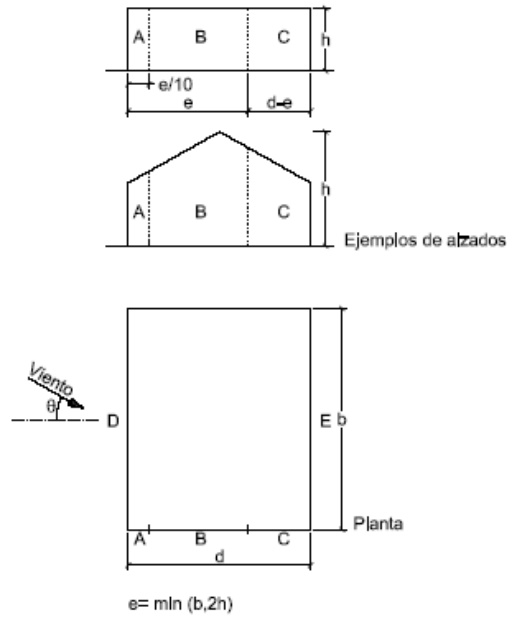
$c_{pe,1}$ coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia $A \leq 1 \text{ m}^2$

5 En caso de construcciones con forma diferente de las aquí establecidas, deberá procederse por analogía, considerando, si es preciso, que el volumen está formado por la construcción considerada y las medianeras.

6 Se permite el empleo de las tablas de coeficientes de presión de la norma EN 1991-1-4:2005, tanto para las formas canónicas no incluidas en este Documento Básico como para los coeficientes globales de fuerza de las que sí están incluidas.



Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3



$A \text{ (m}^2\text{)}$ es el área de influencia del elemento, para comprobaciones locales de elementos de fachada, esta área será la del propio elemento y dependerá de la tipología de fachada a estudiar, por tanto se dejarán indicados los valores de c_p en función de A .

$\lambda = h/b = 0,833$, se utilizarán los datos de la tabla D.3 para un $h/d = 1$

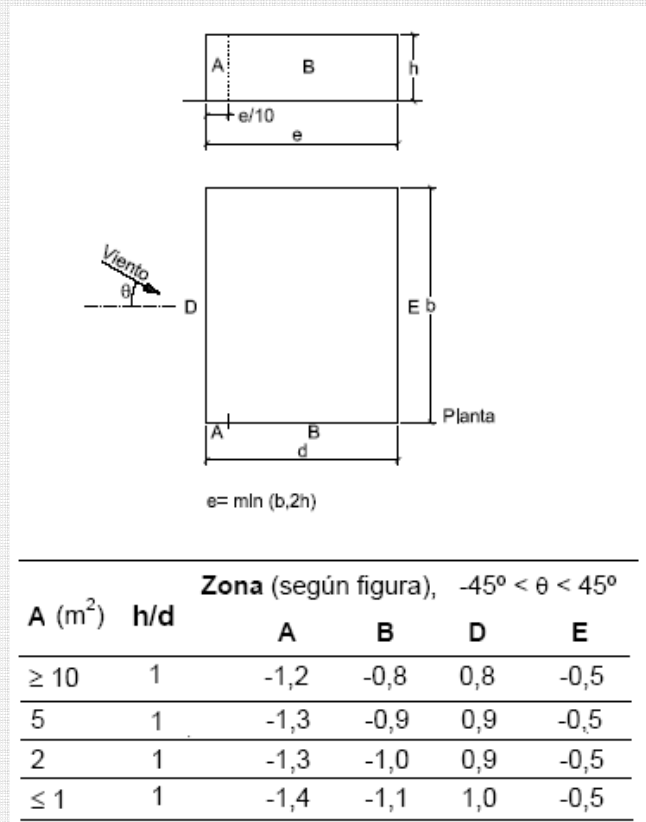
$e = \min(b, 2h) = \min(36,60) = 36$

$e/10 = 3,6 \rightarrow$ la zona A tendrá una dimensión de 3,6 m

La zona B tendrá una dimensión: $e - e/10 = 32,4$ m

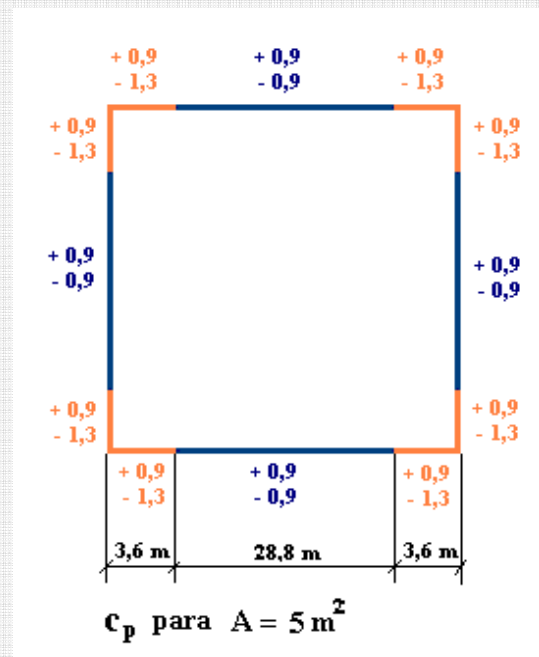
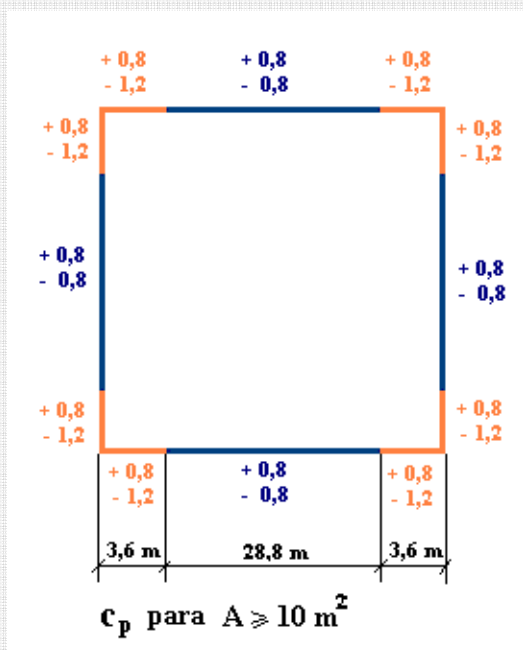
La zona C tendrá una dimensión: $d - A - B = 0$, por lo tanto no existirá una zona C

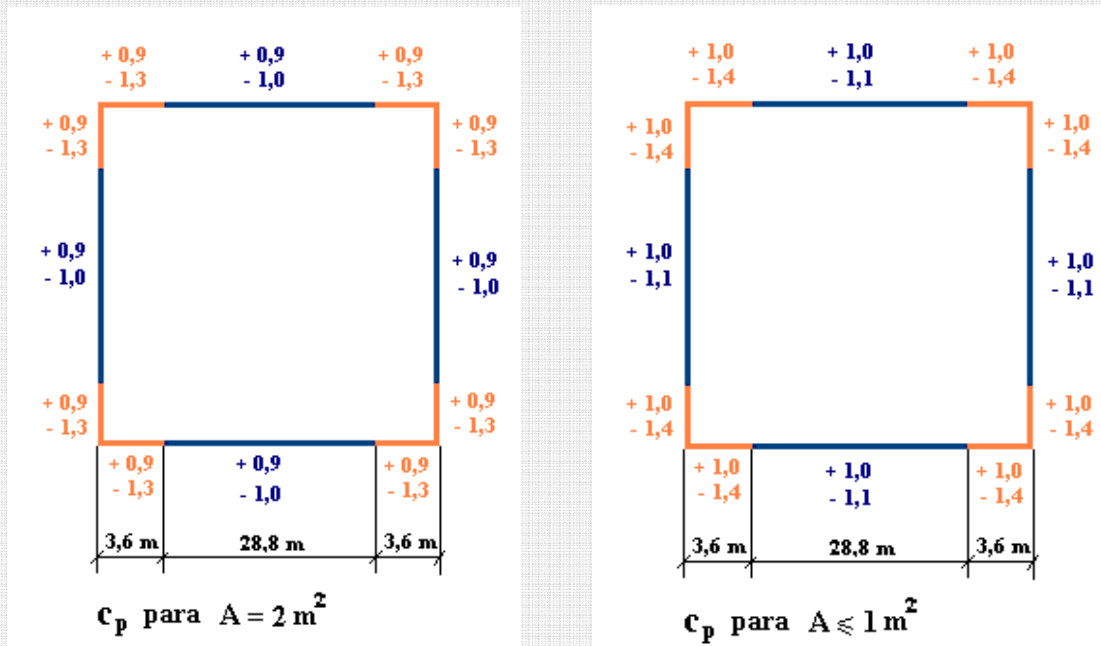
Las áreas de influencia concretas para el edificio objeto de estudio son:



Para la determinación del coeficiente de presión tanto positivo como negativo en las fachadas del edificio se han tomado los valores de la tabla D.3 considerando este factor actuando la acción del viento simultáneamente sobre sus cuatro fachadas.

A continuación se muestra el coeficiente de presión positivo y negativo exterior que afecta en cada área de la fachada en función del área de influencia del elemento.





Como se puede observar, el coeficiente de presión exterior es menor en áreas de influencia mayores. Esto es debido a que la presión recibida por elementos de grande superficie es relativamente uniforme y son menos susceptibles a recibir esfuerzos relacionados con las turbulencias.

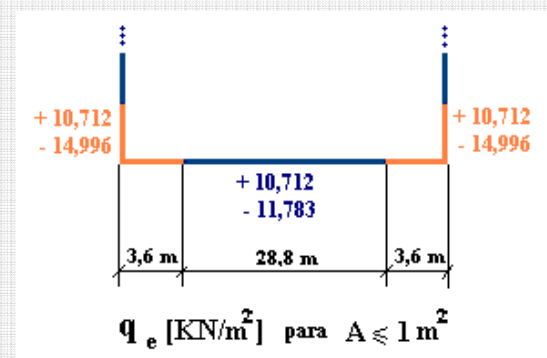
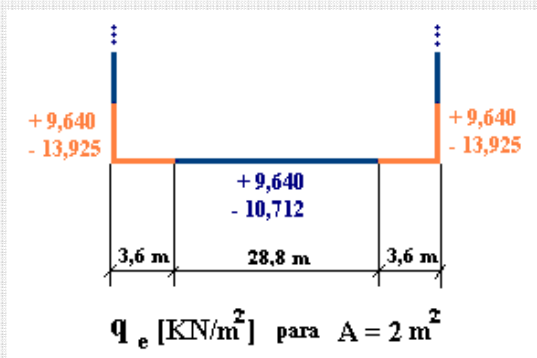
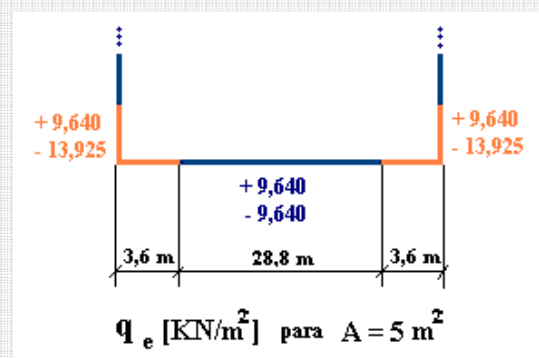
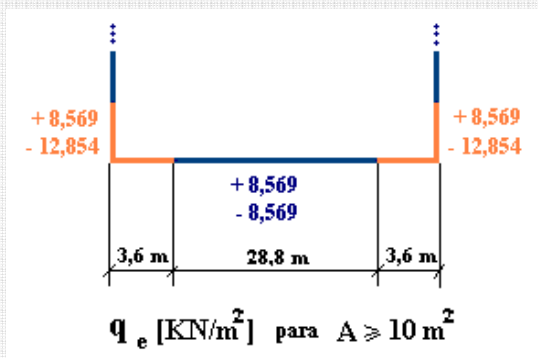
El coeficiente de presión exterior depende de la situación del punto de estudio respecto a los bordes de la superficie. En las figuras anteriores se puede observar tal dependencia ya que la zona de la fachada próxima a las aristas verticales está sometida a una succión mayor que en la zona central. La explicación de tal efecto es similar a la anteriormente mencionada, en las zonas próximas a los bordes, además de la acción directa del viento, se añade una acción derivada del efecto turbulento provocado por el mismo borde.



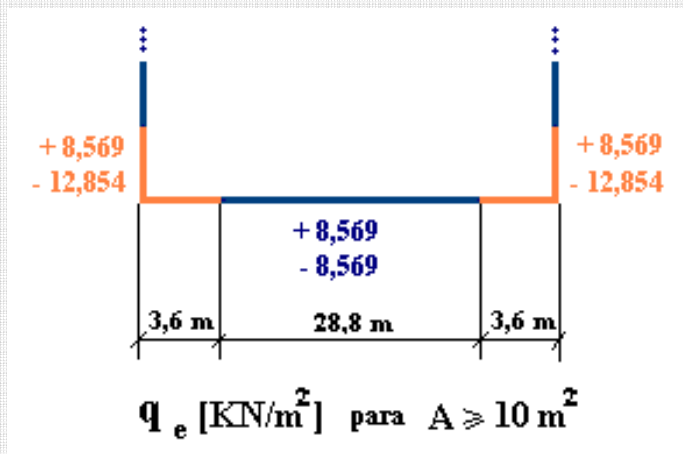
A continuación se muestra la acción del viento que afecta en cada área de la fachada en función del área de influencia del elemento. Primeramente se calcula q_e en función del coeficiente de presión:

$$q_e = 5,256 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,038 \cdot c_p = 10,712 \text{ kN/m}^2 \cdot c_p$$

Las acciones locales del viento (presión positiva y presión negativa) en los elementos de fachada son las siguientes:



La acción del viento deberá ser soportada por los diferentes elementos de fachada siendo el más desfavorable el acristalado. Si se tiene en mente un edificio de oficinas, los elementos acristalados superan en muchos casos los 10 m^2 , es por ello que tomarán los valores de la acción del viento en el caso de $A \geq 10 \text{ m}^2$:



3.4 Acciones térmicas

3.4.1 Generalidades

1 Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos, y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislamiento térmico.



2 Las variaciones de la temperatura en el edificio conducen a deformaciones de todos los elementos constructivos, en particular, los estructurales, que, en los casos en los que estén impedidas, producen tensiones en los elementos afectados.

3 La disposición de juntas de dilatación puede contribuir a disminuir los efectos de las variaciones de la temperatura. En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud. Para otro tipo de edificios, los DB incluyen la distancia máxima entre juntas de dilatación en función de las características del material utilizado.

3.4.2 Cálculo de la acción térmica

1 Los efectos globales de la acción térmica pueden obtenerse a partir de la variación de temperatura media de los elementos estructurales, en general, separadamente para los efectos de verano, dilatación, y de invierno, contracción, a partir de una temperatura de referencia, cuando se construyó el elemento y que puede tomarse como la media anual del emplazamiento o 10 °C.

2 Las temperaturas ambiente extremas de verano y de invierno pueden obtenerse del Anejo E.

ANEJO E. DATOS CLIMÁTICOS

1 El valor característico de la temperatura máxima del aire, depende del clima del lugar y de la altitud. A falta de datos empíricos más precisos, se podrá tomar, independientemente de la altitud, igual al límite superior del intervalo reflejado en el mapa de la figura E.1



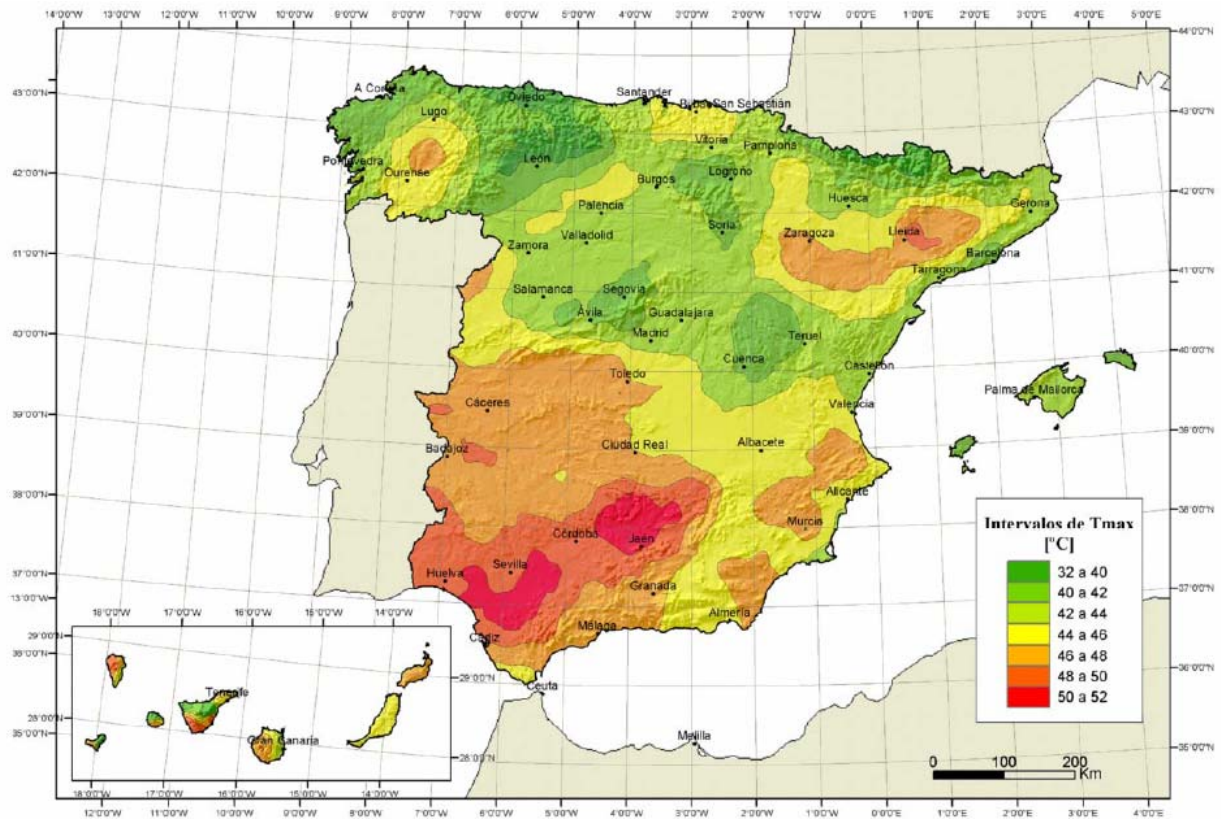


Figura E.1 Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (T_{\max} en $^{\circ}\text{C}$)

A falta de datos empíricos más precisos, la temperatura máxima del aire exterior se podrá tomar la del límite superior al intervalo de la Figura E.1

Barcelona \rightarrow Intervalo de $T_{\max} = 32 - 40 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{\max} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$





Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Tabla E.1 Temperatura mínima del aire exterior (°C)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10



A falta de datos empíricos más precisos, la temperatura mínima del aire exterior se podrá tomar la de la Tabla E.1 en función de la zona en que se encuentra el edificio de la Figura E.2 y de su altitud.

Barcelona → Zona 2 y altitud 12 m (asimilable a los valores para una altitud de 0 m)

→ $T_{\min} = -11\text{ °C}$

3 Para elementos expuestos a la intemperie, como temperatura mínima se adoptará la extrema del ambiente. Como temperatura máxima en verano se adoptará la extrema del ambiente incrementada en la procedente del efecto de la radiación solar, según la tabla 3.7

Tabla 3.7 Incremento de temperatura debido a la radiación solar

Orientación de la superficie	Color de la superficie		
	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	0 °C	2 °C	4 °C
Sur y Oeste	18 °C	30 °C	42 °C

Se tomarán como temperatura máxima y mínima:

T_{\max}	Color de la superficie		
Orientación de la fachada	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	40 °C	42 °C	44 °C
Sur y Oeste	58 °C	70 °C	82 °C

$T_{\min} = -11\text{ °C}$



4 ACCIONES ACCIDENTALES

4.3 Impacto

4.3.1 Generalidades

1 Las acciones sobre un edificio causadas por un impacto dependen de la masa, de la geometría y de la velocidad del cuerpo impactante, así como de la capacidad de deformación y de amortiguamiento tanto del cuerpo como del elemento contra el que impacta.

2 Salvo que se adoptasen medidas de protección, cuya eficacia debe verificarse, con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia de un impacto o de atenuar sus consecuencias en caso de producirse, los elementos resistentes afectados por un impacto deben dimensionarse teniendo en cuenta las acciones debidas al mismo, con el fin de alcanzar una seguridad estructural adecuada.

3 El impacto de un cuerpo sobre un edificio puede representarse mediante una fuerza estática equivalente que tenga en cuenta los parámetros mencionados.

4 Este Documento Básico considera sólo las acciones debidas a impactos accidentales, quedando excluidos los premeditados, tales como la del impacto de un vehículo o la caída del contrapeso de un aparato elevador.

4.3.2 Impacto de vehículos

1 La acción de impacto de vehículos desde el exterior del edificio, se considerará donde y cuando lo establezca la ordenanza municipal. El impacto desde el interior debe considerarse en todas las zonas cuyo uso suponga la circulación de vehículos.

2 Los valores de cálculo de las fuerzas estáticas equivalentes debidas al impacto de vehículos de hasta 30 kN de peso total, son de 50 kN en la dirección paralela a la vía y de 25 kN en la dirección perpendicular, no actuando simultáneamente.

3 La fuerza equivalente de impacto se considerará actuando en un plano horizontal y se aplicará sobre una superficie rectangular de 0,25 m de altura y una anchura de 1,5 m, o la



anchura del elemento si es menor, y a una altura de 0,6 m por encima del nivel de rodadura, en el caso de elementos verticales, o la altura del elemento, si es menor que 1,8 m en los horizontales.

No se considerará la acción de impacto de vehículos desde el exterior dado que no existe una ordenanza de Barcelona que lo establezca.



ANEXO H: Ahorro de energía en fachadas de edificios de oficinas



ANEXO H: Ahorro de energía en fachadas de edificios de oficinas

H.1 Introducción

En este Anexo se transcribe la parte del Documento Básico de Ahorro de Energía referente a la limitación de demanda energética del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB/HE1) aplicable a las fachadas de un edificio de oficinas, además se calculan e indican los valores de los parámetros según el edificio objeto de estudio de el Proyecto ubicado en la ciudad de Barcelona.

El orden de la información de este anexo difiere con el que se muestra en el CTE ya que sus anexos no se muestran al final del documento sino que se introducen donde el texto lo menciona para así facilitar el seguimiento de los cálculos y conclusiones. En el momento que se requiere de un anexo se transcribe en el lugar donde se menciona.

Se indica en recuadros sombreados en gris los comentarios y cálculos referentes a el caso concreto del edificio de oficinas objeto del presente proyecto.

H.2 CTE-DB-HE en fachadas de edificios de oficinas

Terminología

Cerramiento: Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

Condensación superficial: Condensación que aparece en la superficie de un cerramiento o elemento constructivo cuando su temperatura superficial es inferior o igual al punto de rocío de aire que está en contacto con dicha superficie.



Condensación intersticial: Condensación que aparece en la masa interior de un cerramiento como consecuencia de que el vapor de agua que lo atraviesa alcanza la presión de saturación en algún punto interior de dicha masa.

Condiciones higrotérmicas: Son las condiciones de temperatura seca y humedad relativa que prevalecen en los ambientes exterior e interior para el cálculo de las condensaciones intersticiales.

Demanda energética: Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de calefacción, correspondiente a los meses de la temporada de calefacción y de refrigeración respectivamente.

Edificio objeto: Edificio del que se quiere verificar el cumplimiento de la reglamentación.

Envoltente térmica: Se compone de los *cerramientos* del edificio que separan los recintos *habitables* del ambiente exterior y las *particiones interiores* que separan los *recintos habitables* de los *no habitables* que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Espacio con alta carga interna: Espacio donde se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes.

Factor de sombra (FS): Fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.

Factor de temperatura de la superficie interior (f_{Rsi}): Cociente entre la diferencia de temperatura superficial interior y la del ambiente exterior y la diferencia de temperatura del ambiente interior y exterior.

Factor solar (g_{\perp}): Cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.



Factor solar modificado (F): Producto del factor solar por el factor de sombra.

Hueco: Es cualquier elemento semitransparente de la envolvente del edificio. Comprende las ventanas y puertas acristaladas.

Humedad relativa (H_R): Fracción de la presión de saturación que representa la presión parcial del vapor de agua en el espacio o ambiente exterior en estudio. Se tiene en cuenta en el cálculo de las condensaciones, superficiales e intersticiales en los cerramientos.

Material: Parte de un producto si considerar su modo de entrega, forma y dimensiones, sin ningún revestimiento o recubrimiento.

Permeabilidad al aire (p): Es la propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire, expresada en m^3/h , en función de la diferencia de presiones. Según la permeabilidad al aire las carpinterías se clasifican en Clases A-1 (la más permeable), A-2 y A-3 (la menos permeable).

Permeabilidad al vapor de agua: Es la cantidad de vapor que pasa a través de la unidad de superficie de material de espesor unidad cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

Porcentaje de huecos: Fracción del área total de la fachada ocupada por los huecos de la misma, expresada en porcentaje.

Puente térmico: Zona de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías.



Los puentes térmicos más comunes en la edificación, que se tendrán en cuenta en el análisis, se clasifican en:

a) puentes térmicos integrados en los *cerramientos*:

- i) pilares integrados en los *cerramientos* de las fachadas;
- ii) contorno de huecos y lucernarios;
- iii) cajas de persianas;
- iv) otros puentes térmicos integrados;

b) puentes térmicos formados por encuentro de *cerramientos*:

- i) frentes de forjado en las fachadas;
- ii) uniones de cubiertas con fachadas;
 - cubiertas con pretil;
 - cubiertas sin pretil;
- iii) uniones de fachadas con *cerramientos* en contacto con el terreno;
 - unión de fachada con losa o solera;
 - unión de fachada con muro enterrado o pantalla;
- iv) esquinas o encuentros de fachadas, dependiendo de la posición del ambiente exterior respecto se subdividen en:
 - esquinas entrantes;
 - esquinas salientes;

c) encuentros de voladizos con fachadas;

d) encuentros de tabiquería interior con fachadas.

Recinto habitable: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;



- b) aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
- f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios;
- g) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

Severidad climática: Es el cociente entre la demanda energética de un edificio cualquiera en una localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En el CTE se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad. Se define una severidad climática para verano y una para invierno.

Transmitancia térmica (U): Flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

Zona climática: En el CTE-HE1 se definen 12 zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión. Se excluyen las combinaciones imposibles para la climatología española.

Notaciones y unidades

Notación	Concepto	Unidad
H_R	Humedad relativa	[%]
ρ	Densidad	Kg/m^3
f_{Rsi}	Factor de temperatura de la superficie interior	[adimensional]
$f_{Rsi,min}$	Factor de temperatura de la superficie interior mínimo	[adimensional]
F	Factor solar modificado	[adimensional]
F_H	Factor solar modificado de huecos	[adimensional]
F_{Hlim}	Factor solar modificado límite de huecos	[adimensional]
F_{Hm}	Factor solar modificado medio de huecos	[adimensional]
U	Transmitancia térmica	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$
U_M	Transmitancia térmica de muros	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$



U_{Mlim}	Transmitancia térmica límite de muros	$[W/m^2 \cdot K]$
U_{Mm}	Transmitancia térmica media de muros	$[W/m^2 \cdot K]$
U_H	Transmitancia térmica de huecos	$[W/m^2 \cdot K]$
U_{Hlim}	Transmitancia térmica límite de huecos	$[W/m^2 \cdot K]$
U_{Hm}	Transmitancia térmica media de huecos	$[W/m^2 \cdot K]$
$U_{H,v}$	Transmitancia térmica de la parte acristalada del hueco	$[W/m^2 \cdot K]$
$U_{H,m}$	Transmitancia térmica del marco del hueco	$[W/m^2 \cdot K]$
U_f	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con la cámara de aire	$[W/m^2 \cdot K]$
e	Espesor de una capa	$[m]$

2. Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Demanda energética

1 La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1, y de la carga interna en sus espacios según el apartado 3.1.2.

Según se determina en el apartado 3.1.1, la zona climática a la que pertenece la ciudad de Barcelona según la tabla D.1 del APÉNDICE D:

Tabla D.1.- Zonas climáticas							
Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1

Barcelona → Zona Climática C2

Según se determina en el apartado 3.1.2 los espacios del edificio se consideran de **carga interna alta**.



2 La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica, sean los valores límites establecidos en las tablas 2.2.

ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,32$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 $\text{W/m}^2\text{K}$ se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

Tabla 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

El porcentaje en superficie de huecos en la fachada dependerá de la tipología de ésta. Para poder aplicar la opción simplificada el porcentaje de huecos no debe ser superior a 60%, es por ello que se determinarán los parámetros límite para el caso más extremo de la aplicabilidad de la opción simplificada: **Superficie de huecos = 60 % del área total de la fachada.**

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$			
	N	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)

La transmitancia media de los muros de fachada es un valor característico del material utilizado para tal cerramiento, se escogerán los valores más restrictivos correspondientes a una $U_{Mm} \geq 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$, es por ello que se utilizarán los valores indicados sin el paréntesis.



Los espacios de un edificio de oficinas se consideran de carga interna alta, el factor solar modificado límite de huecos será:

% de superficie de huecos	Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim} Carga interna alta		
	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	-	-	-
de 11 a 20	-	-	-
de 21 a 30	0,60	-	-
de 31 a 40	0,47	-	0,51
de 41 a 50	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	0,35	0,52	0,38

3 Los parámetros característicos que definen la envolvente térmica se agrupan en los siguientes tipos:

- a) transmitancia térmica de muros de fachada U_M ;
- e) transmitancia térmica de huecos U_H ;
- f) factor solar modificado de huecos F_H ;

4 Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m^2K

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas



Los valores de la tabla 2.2 limitan los parámetros característicos (valores medios máximos) permitiendo un control indirecto de la demanda energética del edificio. Este límite se refiere al valor medio del conjunto de las fachadas del edificio.

La tabla 2.1 establece valores máximos absolutos. Esta tabla se utiliza en la opción general, en este caso las fachadas estudiadas por separado están limitadas por estos valores máximos absolutos pudiendo superar los valores medios máximos siempre y cuando la demanda energética del edificio no supere a la del edificio de referencia.

Para determinar los parámetros límite se utilizarán los de la opción simplificada indicados en la tabla 2.2.

- Transmitancia límite de muros de fachada $\rightarrow U_{Mlim} = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Transmitancia límite de huecos en fachada N $\rightarrow U_{Hlim} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Transmitancia límite de huecos en fachada E y O $\rightarrow U_{Hlim} = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Transmitancia límite de huecos en fachada S $\rightarrow U_{Hlim} = 3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Factor solar modificado límite de huecos en fachada E y O $\rightarrow F_{Hlim} = 0,35$
- Factor solar modificado límite de huecos en fachada S $\rightarrow F_{Hlim} = 0,52$

2.2 Condensaciones

1 Las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.

Condensaciones superficiales:

En superficies interiores de los cerramientos susceptibles a absorber agua o de degradarse, especialmente en puentes térmicos: **H_R media mensual < 80 %**



2 Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

Condensaciones intersticiales:

No han de producir una merma significativa de prestaciones térmicas o suponer un riesgo de degradación y además: **Máxima condensación acumulada \leq posible evaporación (en cada período anual)**

2.3 Permeabilidad al aire

1 Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los cerramientos se caracterizan por su permeabilidad al aire.

2 La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1.

3 La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- a) para las zonas climáticas A y B: $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$;
- b) para las zonas climáticas C, D y E: $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$.

Tal y como se ha indicado en el primer apartado del punto 2.1 Barcelona pertenece a la zona climática C2 \rightarrow permeabilidad al aire: **$p < 27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$**



3. Cálculo y dimensionado

3.1 Datos previos

3.1.1 Zonificación climática

1 Para la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados. En localidades que no sean capitales de provincia y que dispongan de registros climáticos contrastados, se podrán emplear, previa justificación, zonas climáticas específicas.

2 El procedimiento para la determinación de la zonificación climática se recoge en el apéndice D.

Tal y como se ha indicado en el primer apartado del punto 2.1 Barcelona pertenece a la zona climática C2 según la tabla D.1 del APÉNDICE D.

3.1.2 Clasificación de los espacios

1 Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y espacios no habitables.

2 A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

a) espacios con carga interna baja: espacios en los que se disipa poco calor.

Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales



como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.

- b) espacios con carga interna alta: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

En nuestro caso se puede considerar que todo el edificio está dedicado al uso administrativo y por tanto todos sus espacios tendrán una **carga interna alta**.

3 A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se caracterizan por el exceso de humedad interior. En ausencia de datos más precisos y de acuerdo con la clasificación que se expresa en la norma UNE-EN ISO 13788: 2002 se establecen las siguientes categorías:

- a) espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas;
- b) espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar;
- c) espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

En nuestro caso se puede considerar que todo el edificio está dedicado al uso administrativo y por tanto no se preverá una alta producción de humedad y consecuentemente se puede indicar una **clase de higrometría 3 o inferior**.



3.1.3 Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes

1 La envolvente térmica del edificio, como muestra la figura 3.2, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

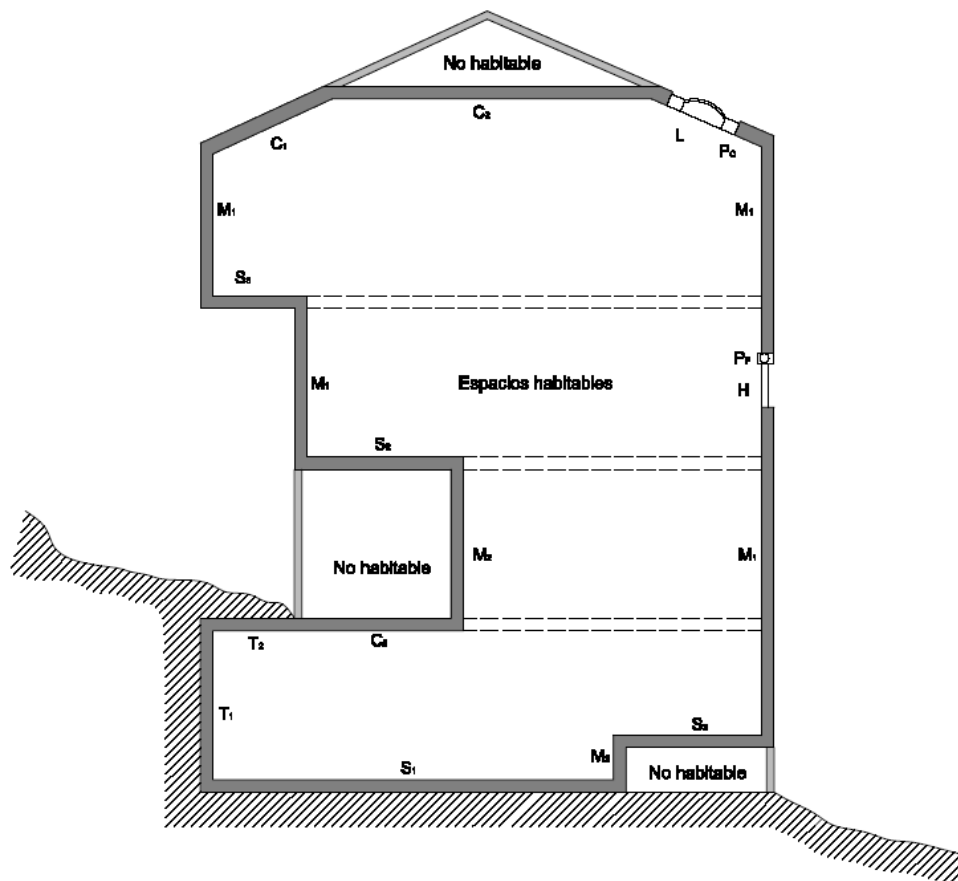


Figura 3.2 Esquema de *envolvente térmica* de un edificio

2 Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:

- c) fachadas, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 3.1. La orientación de una fachada



se caracteriza mediante el ángulo α que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;

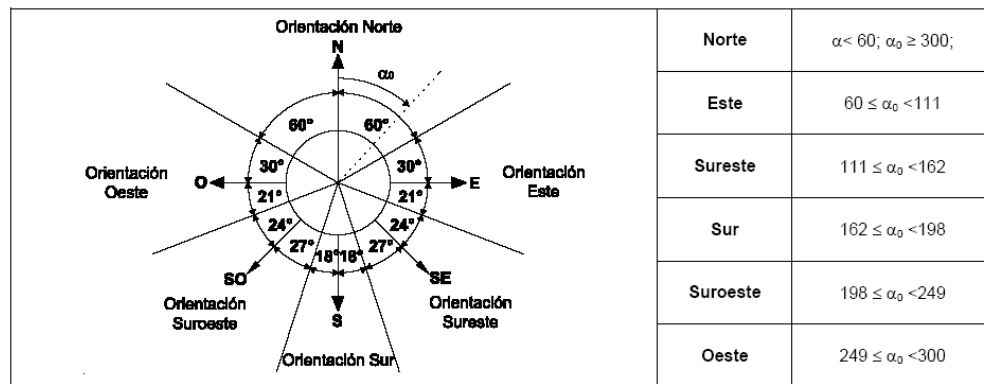


Figura 3.1. Orientaciones de las Fachadas

3 Los cerramientos de los espacios habitables se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:

a) cerramientos en contacto con el aire:

- i) parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;
- ii) parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.

b) cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes:

- i) suelos en contacto con el terreno;
- ii) muros en contacto con el terreno;
- iii) cubiertas enterradas.

3.2 Opción simplificada

3.2.1 Aplicación de la opción

3.2.1.1 Objeto



1 El objeto de la opción simplificada es:

- a) limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la envolvente térmica;
- b) limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en este Documento Básico;
- c) limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios;

3.2.1.2 Aplicabilidad

1 Puede utilizarse la opción simplificada cuando se cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:

- a) que la superficie de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;
- b) que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

2 Como excepción, se admiten superficies de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.

Para poder utilizar la opción simplificada en el estudio de fachadas se debe cumplir:

$S_{\text{huecos en fachada}} < 60\%$

Sólo se admiten $S_{\text{huecos en fachada}} > 60\%$ si $S_{\text{huecos en fachada}} < 10\%$ A total de fachadas

3 Quedan excluidos aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros Trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, etc.

4 En el caso de obras de rehabilitación, se aplicarán a los nuevos cerramientos los criterios establecidos en esta opción.



3.2.1.3 Cerramientos y particiones interiores objeto de la opción

1 Son objeto de esta opción simplificada los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio y que se define en el apartado 3.1.3.

2 A efectos de limitación de la demanda, se incluirán en la consideración anterior sólo aquellos puentes térmicos cuya superficie sea superior a $0,5 \text{ m}^2$ y que estén integrados en las fachadas, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana.

Se consideran puentes térmicos aquellos con $S > 0,5 \text{ m}^2$

3 No se incluirán en la consideración anterior las puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50 %.

3.2.3 Comprobación de la limitación de condensaciones

3.2.3.1 Condensaciones superficiales

1 La comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$ para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el apartado G.1 de esta Sección.

APENDICE G – CONDENSACIONES

G.1 Condiciones para el cálculo de condensaciones

G.1.1 Condiciones exteriores

2 Para las capitales de provincia, los valores que se usarán serán los contenidos en la tabla G.2.



Tabla G.2 Datos climáticos mensuales de capitales de provincia, T en °C y HR en %

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Barcelona	T _{med}	8,8	9,5	11,1	12,8	16,0	19,7	22,9	23,0	21,0	17,1	12,5	9,6
	HR _{med}	73	70	70	70	72	70	69	72	74	74	74	71

G.1.2 Condiciones interiores

G.1.2.1 Para el cálculo de condensaciones superficiales

1 Se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C para el mes de enero.

G.2 Comprobación de las condensaciones

G.2.1 Condensaciones superficiales

G.2.1.1 Factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento

1 El factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} , para cada cerramiento, partición interior, o puentes térmicos integrados en los cerramientos, se calculará a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25 \quad (G.6)$$

siendo

U la transmitancia térmica del cerramiento, partición interior, o puente térmico integrado en el cerramiento calculada por el procedimiento descrito en el apartado E.1 [W/m² K].

2 El factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} para los puentes térmicos formados por encuentros de cerramientos se calcularán aplicando los métodos descritos en las normas UNE EN ISO 10211-1:1995 y UNE EN ISO 10211-2:2002. Se podrán tomar por defecto los valores recogidos en Documentos Reconocidos.



2 Para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales en los cerramientos y puentes térmicos se debe comprobar que el factor de temperatura de la superficie interior es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo. Este factor se podrá obtener a partir de la tabla 3.2 en función del tipo de espacio, clasificado según el apartado 3.1.2, y la zona climática donde se encuentre el edificio.

Tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

Tal como se ha indicado en el tercer punto del apartado 3.1.2, el edificio objeto tiene una clase de higrometría 3 o inferior y en el apartado 2.1 se indica que pertenece a la zona C, por tanto $f_{Rsi,min} = 0,56$





ANEXO I: Protección frente al ruido en fachadas de edificios de oficinas



ANEXO I: Protección frente al ruido en fachadas de edificios de oficinas

I.1 Introducción

En este Anexo se transcribe la parte del Documento Básico de Protección frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación (CTE –DB/HR) aplicable a las fachadas de un edificio de oficinas, además se calculan e indican los valores de los parámetros según el edificio objeto de estudio de el Proyecto ubicado en la ciudad de Barcelona.

El orden de la información de este anexo difiere con el que se muestra en el CTE ya que sus anexos no se muestran al final del documento sino que se introducen donde el texto lo menciona para así facilitar el seguimiento de los cálculos y conclusiones. En el momento que se requiere de un anexo se transcribe en el lugar donde se menciona.

Se indica en recuadros sombreados en gris los comentarios y cálculos referentes a el caso concreto del edificio de oficinas objeto del presente proyecto.

I.2 CTE-DB/HR en fachadas de edificios de oficinas

Terminología

Aislamiento acústico a ruido aéreo: Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en dBA, entre el recinto emisor y el receptor.

Para recintos en los que alguno de sus cerramientos constituye una fachada o una cubierta en las que el ruido exterior dominante es el de automóviles o el de aeronaves, se utiliza el índice $D_{2m,nT,Atr}$.

Fachada: Cerramiento perimétrico del edificio, vertical o con inclinación no mayor que 60° sobre la horizontal, que lo separa del exterior. Incluye tanto el muro de *fachada* como los huecos (puertas exteriores y ventanas).



Fachada ligera: *Fachada* continua y anclada a una estructura auxiliar, cuya masa por unidad de superficie es menor que 200 kg/m².

Índice de ruido día (L_d): Índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año. Se expresa en dBA.

Índice global de reducción acústica, ponderado A, de un elemento constructivo (R_A): Valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica, R, para un ruido incidente rosa normalizado, ponderado A.

Los índices de reducción acústica se determinarán mediante ensayo en laboratorio. No obstante, y en ausencia de ensayo, puede decirse que el índice de reducción acústica proporcionado por un elemento constructivo de una hoja de materiales homogéneos, es función casi exclusiva de su masa y son aplicables las siguientes expresiones (ley de masa) que determinan el aislamiento R_A , en función de la masa por unidad de superficie, m, expresada en kg/m²:

$$m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 16,6 \cdot \lg m + 5 \text{ [dBA]} \quad (\text{A.16})$$

$$m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 36,5 \cdot \lg m - 38,5 \text{ [dBA]} \quad (\text{A.17})$$

A partir de los valores del índice de reducción acústica R, obtenidos mediante ensayo en laboratorio, este índice se define mediante la expresión siguiente:

$$R_A = -10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i} - R_i)/10} \text{ [dBA]} \quad (\text{A.18})$$

siendo

R_i valor del índice de reducción acústica en la banda de frecuencia i, [dB];

$L_{Ar,i}$ valor del espectro del ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i, [dBA];

i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

De forma aproximada puede considerarse que $R_A = R_W + C$.



Índice global de reducción acústica, ponderado A, para *ruido exterior dominante de automóviles* (R_{Atr}): Valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica, R, para un ruido exterior de automóviles.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$R_{Atr} = -10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Atr,i} - R_i)/10} \quad [\text{dBA}] \quad (\text{A.19})$$

siendo

- R_i valor del índice de reducción acústica en la banda de frecuencia i, [dB];
- $L_{Atr,i}$ valor del espectro normalizado del ruido de automóviles, ponderado A, en la banda de frecuencia i, [dBA];
- i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

De forma aproximada puede considerarse que $R_{Atr} = R_w + C_{tr}$.

Recinto: Espacio del edificio limitado por cerramientos, particiones o cualquier otro elemento de separación.

Recinto habitable: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso;
- f) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.



En el caso en el que en un *recinto* se combinen varios usos de los anteriores siempre que uno de ellos sea protegido, a los efectos de este DB se considerará *recinto protegido*.

Se consideran *recintos no habitables* aquellos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

Recinto protegido: Recinto habitable con mejores características acústicas. Se consideran recintos protegidos los recintos habitables de los casos a), b), c), d).

Ruido aéreo: Ruido que tiene origen en una perturbación en el aire, se transmite a través del aire (u otro medio sólido) y es percibido por el receptor a través del aire.

Ruido exterior dominante: Se considera que el ruido de aeronaves o el ruido ferroviario o el de estaciones ferroviarias es dominante frente al ruido de automóviles en un espacio exterior dado cuando el espectro del ruido en ese espacio, ponderado A, desplazado en una cuantía de nivel adecuada proporciona diferencias menores que 1,5 dBA en, por lo menos, 10 tercios de octava, al ajustarlo respectivamente al espectro del ruido de aeronaves o de estaciones ferroviarias.

Notaciones y unidades

Notación	Concepto	Unidad
$D_{2m,nT,Atr}$	Aislamiento acústico a ruido aéreo en fachadas y en cubiertas, para ruido exterior dominante de automóviles o de aeronaves	[dBA]
L_d	Índice de ruido día	[dBA]
m	Masa por unidad de superficie	[kg/m ²]
R_A	Índice global de reducción acústica de un elemento, ponderado A	[dBA]
$R_{A,tr}$	Índice global de reducción acústica, ponderado A, para <i>ruido exterior dominante</i> de automóviles o de aeronaves	[dBA]



1 Generalidades

1.1 Procedimiento de verificación

1 Para satisfacer las exigencias del CTE en lo referente a la protección frente al ruido deben:

- a) alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos (aislamiento acústico a ruido de impactos) que se establecen en el apartado 2.1;
- b) no superarse los valores límite de tiempo de reverberación que se establecen en el apartado 2.2;
- c) cumplirse las especificaciones del apartado 2.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.

2 Para la correcta aplicación de este documento debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

- a) cumplimiento de las condiciones de diseño y de dimensionado del aislamiento acústico a ruido aéreo y del aislamiento acústico a ruido de impactos de los recintos de los edificios; esta verificación puede llevarse a cabo por cualquiera de los procedimientos siguientes:
 - i) mediante la opción simplificada, comprobando que se adopta alguna de las soluciones de aislamiento propuestas en el apartado 3.1.2.
 - ii) mediante la opción general, aplicando los métodos de cálculo especificados para cada tipo de ruido, definidos en el apartado 3.1.3;

Independientemente de la opción elegida, deben cumplirse las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos especificadas en el apartado 3.1.4.

- b) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del tiempo de reverberación y de absorción acústica de los recintos afectados por esta exigencia, mediante la aplicación del método de cálculo especificado en el apartado 3.2.



- c) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.
- d) cumplimiento de las condiciones relativas a los productos de construcción expuestas en el apartado 4.
- e) cumplimiento de las condiciones de construcción expuestas en el apartado 5.
- f) cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación expuestas en el apartado 6.

2. Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Valores límite de aislamiento

2.1.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo

Los elementos constructivos interiores de separación, así como las fachadas, las cubiertas, las medianerías y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada recinto de un edificio deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:

- a) En los recintos protegidos:

Un edificio con uso administrativo tal y como se indica en la terminología:

Recinto protegido: Recinto habitable con mejores características acústicas. Se consideran recintos protegidos los recintos habitables de los casos a), b), c), d).

Siendo: d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;

- iv) Protección frente al ruido procedente del exterior:

- El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,At}$, entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 2.1, en función del uso del edificio y de



los valores del índice de ruido día, L_d , definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de la zona donde se ubica el edificio.

Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d .

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

⁽¹⁾ En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

El aislamiento acústico a ruido aéreo $D_{2m,nT,Atr}$, en un edificio de Uso administrativo:

L_d dBA	Uso administrativo	
	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37
$L_d > 75$	47	42

Según BOPB (“Butlletí Oficial de la Província de Barcelona”) núm 69 de 21/03/01 se establece la zonificación acústica de la ciudad de Barcelona:

Zona	Definició	Dia 7-22 h. Nit 22-7 h.	
I	Sectors del territori d'alt confort acústic	60 dBA	50 dBA
II	Sectors d'ús d'habitatge i residencial	65 dBA	55 dBA
III	Sectors d'ús d'habitatge, residencial, comercial i de serveis	70 dBA	60 dBA
IV	Sectors d'ús industrial	75 dBA	65 dBA
V	Servituds acústiques	-	-

En el ANEXO F del presente proyecto se muestran los datos referentes al ruido de la ciudad de Barcelona.



3 Diseño y dimensionado

3.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos

3.1.1 Datos previos y procedimiento

1 Para el diseño y dimensionado de los elementos constructivos, puede elegirse una de las dos opciones, simplificada o general, que figuran en los apartados 3.1.2 y 3.1.3 respectivamente.

Para el diseño y dimensionado de la fachada se elige la opción simplificada ya que esta permite definir parámetros límite que permiten elegir aquellos elementos constructivos adecuados que se encuentren dentro de los límites establecidos.

2 En ambos casos, para la definición de los elementos constructivos que proporcionan el aislamiento acústico a ruido aéreo, deben conocerse sus valores de masa por unidad de superficie, m , y de índice global de reducción acústica, ponderado A , R_A , y, para el caso de ruido de impactos, además de los anteriores, el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, $L_{n,w}$. Los valores de R_A y de $L_{n,w}$ pueden obtenerse mediante mediciones en laboratorio según los procedimientos indicados en la normativa correspondiente contenida en el Anejo C, del Catálogo de Elementos Constructivos u otros Documentos Reconocidos o mediante otros métodos de cálculo sancionados por la práctica.

Para el diseño de las fachadas de un edificio de oficinas se tendrá en cuenta el aislamiento a ruido aéreo.

3 También debe conocerse el valor del índice de ruido día, L_d , de la zona donde se ubique el edificio, como se establece en el apartado 2.1.1.

En el apartado 2.1.1 se define el L_d para cada fachada



3.1.2 Opción simplificada: Soluciones de aislamiento acústico

1 La opción simplificada proporciona soluciones de aislamiento que dan conformidad a las exigencias de aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impactos.

2 Una solución de aislamiento es el conjunto de todos los elementos constructivos que conforman un recinto (tales como elementos de separación verticales y horizontales, tabiquería, medianerías, fachadas y cubiertas) y que influyen en la transmisión del ruido y de las vibraciones entre recintos adyacentes o entre el exterior y un recinto. (Véase figura 3.1).

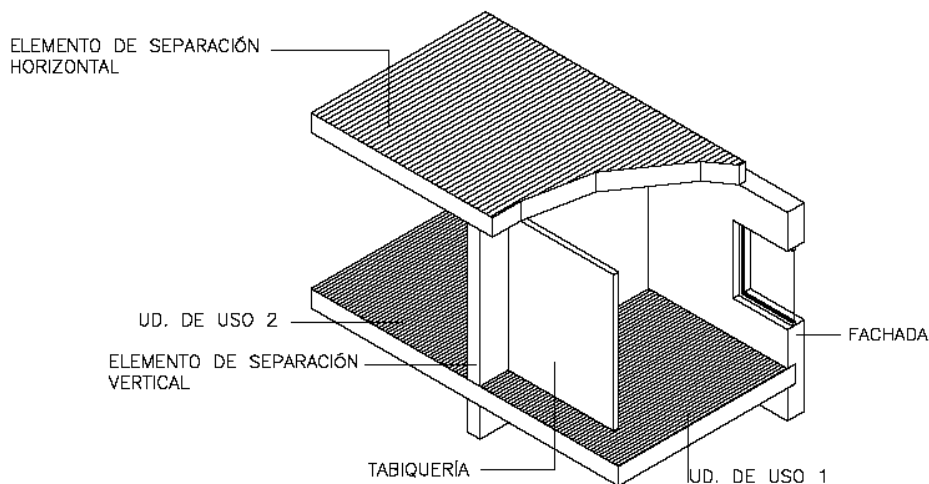


Figura 3.1. Elementos que componen dos recintos y que influyen en la transmisión de ruido entre ambos

3 Para cada uno de dichos elementos constructivos se establecen en tablas los valores mínimos de los parámetros acústicos que los definen, para que junto con el resto de condiciones establecidas en este DB, particularmente en el punto 3.1.4, se satisfagan los valores límite de aislamiento establecidos en el apartado 2.1.

3.1.2.1 Condiciones de aplicación

1 La opción simplificada es válida para edificios de cualquier uso. En el caso de vivienda unifamiliar adosada, puede aplicarse el Anejo I.



2 La opción simplificada es válida para edificios con una estructura horizontal resistente formada forjados de hormigón macizos o aligerados, o forjados mixtos de hormigón y chapa de acero.

Para la aplicación de la opción simplificada el edificio debe tener forjados homogéneos de hormigón macizo o con elementos aligerantes (bovedillas, casetones) o forjados mixtos de hormigón y chapa de acero.

3.1.2.2 Procedimiento de aplicación

Para el diseño y dimensionado de los elementos constructivos, deben elegirse:

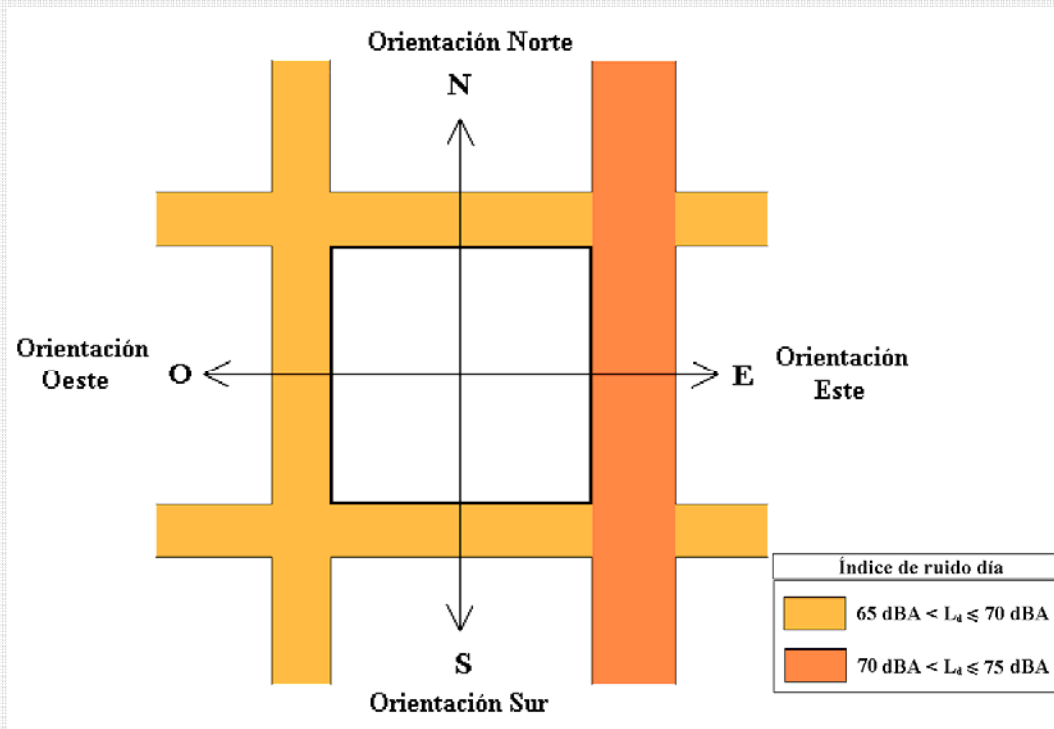
d) las fachadas, las cubiertas y los suelos en contacto con el aire exterior. (véase apartado 3.1.2.5)

3.1.2.5 Condiciones mínimas de las fachadas, las cubiertas y los suelos en contacto con el aire exterior.

1 En la tabla 3.4 se expresan los valores mínimos que deben cumplir los elementos que forman los huecos y la parte ciega de la fachada, la cubierta o el suelo en contacto con el aire exterior, en función de los valores límite de aislamiento acústico entre un recinto protegido y el exterior indicados en la tabla 2.1 y del porcentaje de huecos expresado como la relación entre la superficie del hueco y la superficie total de la fachada vista desde el interior de cada recinto protegido.



En el edificio objeto de estudio se consideran los siguientes índices ruido día:



Las fachadas Norte, Sur y Oeste tienen un índice ruido día: $65 \text{ dBA} < L_d \leq 70 \text{ dBA}$, el valor de aislamiento acústico aéreo más desfavorable es: **$D_{2m,nT,Atr} = 37 \text{ dBA}$**

La fachada Este tiene un índice ruido día: $70 \text{ dBA} < L_d \leq 75 \text{ dBA}$, el valor de aislamiento acústico aéreo más desfavorable es: **$D_{2m,nT,Atr} = 47 \text{ dBA}$**



En el caso que nos ocupa, para una $D_{2m,nT,Atr} = 37$ dBA en las fachadas Norte, Sur y Oeste y una $D_{2m,nT,Atr} = 47$ dBA en la fachada Este:

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ ≠ 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Huecos Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr} = 37$	39	40	35	37	39	39	39
		45	32	35	37	38	
		50	31	34	37	38	
$D_{2m,nT,Atr} = 47$	49	55	42	45	47	48	49
		60	41	44	47	48	

(2) El índice $R_{A,tr}$ de los componentes del hueco expresado en la tabla 3.4 se aplica a las ventanas que dispongan de aireadores, sistemas de microventilación o cualquier otro sistema de abertura de admisión de aire con dispositivos de cierre en posición cerrada.

El porcentaje en superficie de huecos en la fachada dependerá de la tipología de ésta. Para poder aplicar la opción simplificada el porcentaje de huecos no debe ser superior a 60%, es por ello que se determinarán los parámetros límite para el caso más extremo de la aplicabilidad de la opción simplificada: **Superficie de huecos = 60 % del área total de la fachada.**

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ ≠ 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Huecos Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA
		De 31 a 60%
$D_{2m,nT,Atr} = 37$	40	39
	45	37
	50	37
$D_{2m,nT,Atr} = 47$	55	47
	60	47





ANEXO J: Salubridad en fachadas de edificios de oficinas



ANEXO J: Salubridad en fachadas de edificios de oficinas

J.1 Introducción

En este Anexo se transcribe la parte del Documento Básico de Salubridad referente a la protección frente a la humedad del Código Técnico de la Edificación (CTE –DB/HS1) aplicable a las fachadas de un edificio de oficinas, además se calculan e indican los valores de los parámetros según el edificio objeto de estudio de el Proyecto ubicado en la ciudad de Barcelona.

El orden de la información de este anexo difiere con el que se muestra en el CTE ya que sus anexos no se muestran al final del documento sino que se introducen donde el texto lo menciona para así facilitar el seguimiento de los cálculos y conclusiones. En el momento que se requiere de un anexo se transcribe en el lugar donde se menciona.

Se indica en recuadros sombreados en gris los comentarios y cálculos referentes a el caso concreto del edificio de oficinas objeto del presente proyecto.

J.2 CTE-DB/HS en fachadas de edificios de oficinas

Terminología

Absorción: retención de un gas o vapor por un líquido o de un líquido por un sólido.

Barrera contra el vapor: elemento que tiene una resistencia a la difusión de vapor mayor que $10 \text{ MN}\cdot\text{s/g}$ equivalente a $2,7 \text{ m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/mg}$.

Cámara de aire ventilada: espacio de separación en la sección constructiva de una fachada o de una cubierta que permite la difusión del vapor de agua a través de aberturas al exterior dispuestas de forma que se garantiza la ventilación cruzada.

Componente: cada una de las partes de las que consta un *elemento constructivo*.

Elemento constructivo: parte del edificio con una función independiente. Se entienden como tales los suelos, los muros, las fachadas y las cubiertas.



Grado de impermeabilidad: número indicador de la resistencia al paso del agua característica de una *solución constructiva* definido de tal manera que crece al crecer dicha resistencia y, en consecuencia, cuanto mayor sea la sollicitación de humedad mayor debe ser el grado de impermeabilidad de dicha solución para alcanzar el mismo resultado. La gradación se aplica a las soluciones de cada *elemento constructivo* de forma independiente a las de los demás elementos. Por lo tanto, las gradaciones de los distintos elementos no son necesariamente equivalentes: así, el grado 3 de un muro no tiene por qué equivaler al grado 3 de una fachada.

Hoja principal: hoja de una fachada cuya función es la de soportar el resto de las hojas y *componentes* de la fachada, así como, en su caso desempeñar la función estructural.

Índice pluviométrico anual: para un año dado, es el cociente entre la precipitación media y la precipitación media anual de la serie.

Permeabilidad al vapor de agua: cantidad de vapor de agua que se transmite a través de un material de espesor unidad por unidad de área, unidad de tiempo y de diferencia de presiones parciales de vapor de agua. La permeabilidad se expresa en $\text{g}\cdot\text{m}/(\text{MN}\cdot\text{s})$ o en $\text{g}\cdot\text{cm}/(\text{mmHG}\cdot\text{m}^2\cdot\text{día})$.

Valor básico de la velocidad del viento: corresponde al valor característico de la velocidad media del viento a lo largo de un periodo de 10 minutos, tomada en zona plana y desprotegida frente al viento a una altura de 10 m sobre el suelo. Dicho valor característico es el valor cuya probabilidad anual de ser sobrepasado es de 0,02 (período de retorno de 50 años).

Zona eólica: zona geográfica que engloba todos los puntos que tienen un *valor básico de la velocidad del viento*, V , comprendido dentro del mismo intervalo de los siguientes:

zona A cuando $V = 26 \text{ m/s}$

zona B cuando $V = 27 \text{ m/s}$

zona C cuando $V = 29 \text{ m/s}$



Zona pluviométrica de promedios: zona geográfica que engloba todos los puntos que tienen un *índice pluviométrico anual*, p , comprendido dentro del mismo intervalo de los siguientes:

zona I cuando $p > 2000$ mm

zona II cuando $1000 \text{ mm} < p \leq 2000$ mm

zona III cuando $500 \text{ mm} < p \leq 1000$ mm

zona IV cuando $300 \text{ mm} < p \leq 500$ mm

zona V cuando $p < 300$ mm

Notaciones y unidades

Notación	Concepto	Unidad
p	Índice pluviométrico anual	[mm]
v_b	Valor básico de la velocidad del viento	[m/s]

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

2 La comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales debe realizarse según lo establecido en la Sección HE-1 Limitación de la demanda energética del DB/HE Ahorro de energía.

2 Diseño

2.3 Fachadas

2.3.1 Grado de impermeabilidad

1 El *grado de impermeabilidad* mínimo exigido a las fachadas frente a la penetración de las precipitaciones se obtiene en la tabla 2.5 en función de la *zona pluviométrica de promedios* y



del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio. Estos parámetros se determinan de la siguiente forma:

a) la *zona pluviométrica de promedios* se obtiene de la figura 2.4;

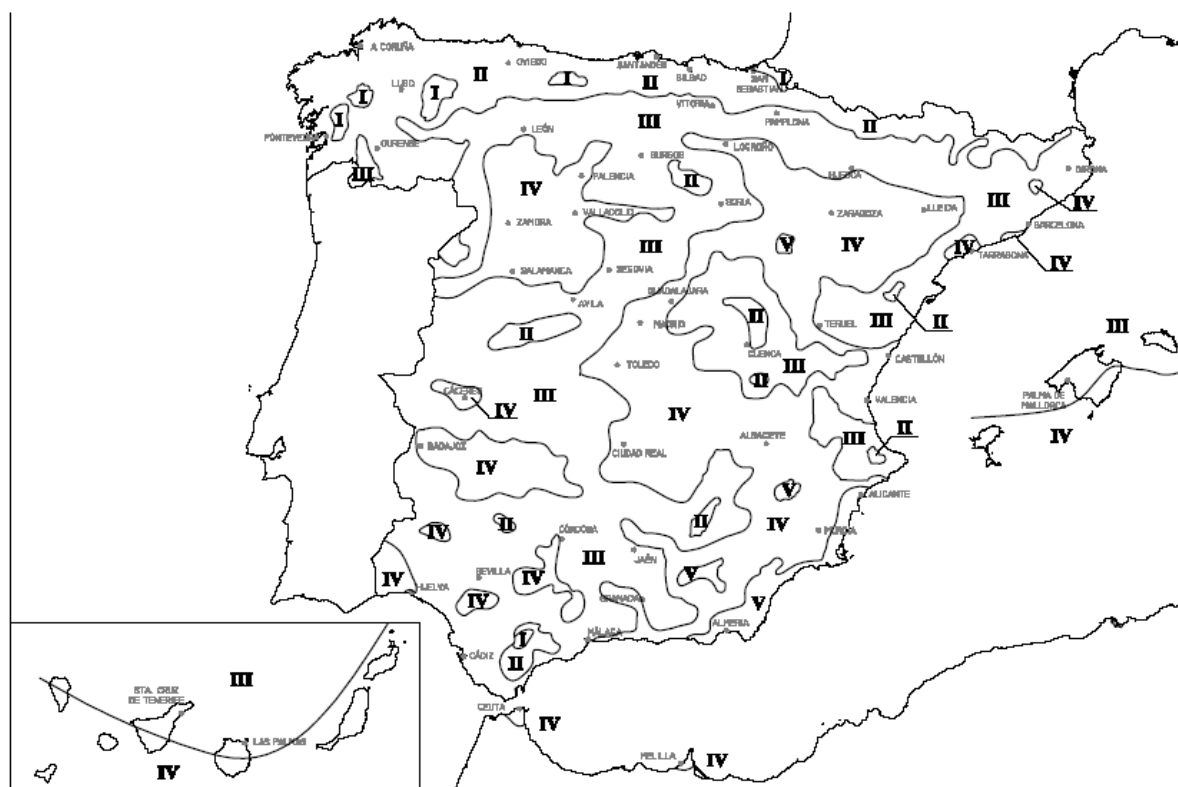


Figura 2.4 Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual

Barcelona → Zona pluviométrica de promedios: **III**

b) el grado de exposición al viento se obtiene en la tabla 2.6 en función de la altura de coronación del edificio sobre el terreno, de la *zona eólica* correspondiente al punto de ubicación, obtenida de la figura 2.5, y de la clase del entorno en el que está situado el edificio que será E0 cuando se trate de un terreno tipo I, II o III y E1 en los demás casos, según la clasificación establecida en el DB SE:

Terreno tipo I: Borde del mar o de un lago con una zona despejada de agua en la dirección del viento de una extensión mínima de 5 km.

Terreno tipo II: Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia.



Terreno tipo III: Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones pequeñas.

Terreno tipo IV: Zona urbana, industrial o forestal.

Terreno tipo V: Centros de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura.

Tal y como se ha indicado en el anexo B en el tercer punto del apartado 3.3.3 se considera un tipo de terreno V, por tanto la **clase de entorno** será **E1**



Figura 2.5 Zonas eólicas

Barcelona → Zona eólica: C → velocidad básica del viento = 29 m/s



Tabla 2.6 Grado de exposición al viento

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 – 100 ⁽¹⁾	V2	V2	V2	V1	V1	V1

⁽¹⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en el DB-SE-AE.

Clase de entorno E1, zona eólica: C y altura del edificio $h = 30$ m → El **grado de exposición al viento es V2**

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

El edificio objeto de estudio tiene un grado de exposición al viento V2 y pertenece a la zona pluviométrica de promedios III, por tanto: el **grado de impermeabilidad mínimo exigido** a las fachadas del edificio objeto de estudio, será de **3**.

2.3.2 Condiciones de las soluciones constructivas

1 Las condiciones exigidas a cada *solución constructiva* en función de la existencia o no de revestimiento exterior y del *grado de impermeabilidad* se obtienen en la tabla 2.7. En algunos casos estas condiciones son únicas y en otros se presentan conjuntos optativos de condiciones.



Tabla 2.7 Condiciones de las soluciones de fachada

		Con revestimiento exterior	Sin revestimiento exterior
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾	C1 ⁽¹⁾ +J1+N1
	≤2		B1+C1+J1+N1 C2+H1+J1+N1 C2+J2+N2 C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1 R1+C2	B2+C1+J1+N1 B1+C2+H1+J1+N1 B1+C2+J2+N2 B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1 R1+B1+C2 R2+C1 ⁽¹⁾	B2+C2+H1+J1+N1 B2+C2+J2+N2 B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1 B3+C1 R1+B2+C2 R2+B1+C1	B3+C1

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Para un grado de impermeabilidad de 3 las condiciones de las soluciones para la fachada son las siguientes:

- Con revestimiento exterior
 - R1+B1+C1
 - R1+C2
- Sin revestimiento exterior
 - B2+C1+J1+N1
 - B1+C2+H1+J1+N1
 - B1+C2+J2+N2
 - B1+C1+H1+J2+N2

2 A continuación se describen las condiciones agrupadas en bloques homogéneos. En cada bloque el número de la denominación de la condición indica el nivel de prestación de tal forma que un número mayor corresponde a una prestación mejor, por lo que cualquier condición puede sustituir en la tabla a las que tengan el número de denominación más pequeño de su mismo bloque.

R) Resistencia a la filtración del *revestimiento exterior*:

R1 El *revestimiento exterior* debe tener al menos una resistencia media a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:



- revestimientos continuos de las siguientes características:
 - espesor comprendido entre 10 y 15 mm, salvo los acabados con una capa plástica delgada;
 - adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - *permeabilidad al vapor* suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la *hoja principal*;
 - adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento aceptable frente a la fisuración;
 - cuando se dispone en fachadas con el aislante por el exterior de la hoja principal, compatibilidad química con el aislante y disposición de una armadura constituida por una malla de fibra de vidrio o de poliéster.
- revestimientos discontinuos rígidos pegados de las siguientes características:
 - de piezas menores de 300 mm de lado;
 - fijación al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - disposición en la cara exterior de la hoja principal de un enfoscado de mortero;
 - adaptación a los movimientos del soporte.

B) Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua:

B1 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia media a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar;
- *aislante no hidrófilo* colocado en la cara interior de la *hoja principal*.



B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar y *aislante no hidrófilo* dispuestos por el interior de la *hoja principal*, estando la cámara por el lado exterior del aislante;
- *aislante no hidrófilo* dispuesto por el exterior de la *hoja principal*.

C) Composición de la *hoja principal*:

C1 Debe utilizarse al menos una *hoja principal* de espesor medio. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:

- $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista *revestimiento exterior* o cuando exista un *revestimiento exterior discontinuo* o un aislante exterior fijados mecánicamente;
- 12 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

C2 Debe utilizarse una *hoja principal* de espesor alto. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:

- 1 pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista *revestimiento exterior* o cuando exista un *revestimiento exterior discontinuo* o un aislante exterior fijados mecánicamente;
- 24 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

H) *Higroscopicidad* del material *componente* de la *hoja principal*:

H1 Debe utilizarse un material de *higroscopicidad* baja, que corresponde a una fábrica de:



- ladrillo cerámico de *succión* $\leq 4,5 \text{ kg/m}^2\cdot\text{min}$, según el ensayo descrito en UNE EN 772-11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006;
- piedra natural de *absorción* $\leq 2\%$, según el ensayo descrito en UNE-EN 13755:2002.

J) Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la *hoja principal*:

J1 Las juntas deben ser al menos de resistencia media a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;

J2 Las juntas deben ser de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero con adición de un producto hidrófugo, de las siguientes características:

- sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;
- juntas horizontales llagueadas o de pico de flauta;
- cuando el sistema constructivo así lo permita, con un rejuntado de un mortero más rico.

Véase apartado 5.1.3.1 para condiciones de ejecución relativas a las juntas.

N) Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la *hoja*

N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.

N2 Debe utilizarse un revestimiento de resistencia alta a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con aditivos hidrofugantes con un espesor mínimo de 15 mm o un material adherido, continuo, sin juntas e impermeable al agua del mismo espesor.





ANEXO K: Seguridad en caso de incendio en fachadas de edificios de oficinas



ANEXO K: Seguridad en caso de incendio en fachadas de edificios de oficinas

K.1 Introducción

En este Anexo se transcribe la parte del Documento Básico de Seguridad en caso de incendio referente a la propagación exterior y intervención de los bomberos del Código Técnico de la Edificación (CTE –DB/SE-AE) aplicable a las fachadas de un edificio de oficinas, además se calculan e indican los valores de los parámetros según el edificio objeto de estudio de el Proyecto ubicado en la ciudad de Barcelona.

El orden de la información de este anexo difiere con el que se muestra en el CTE ya que sus anexos no se muestran al final del documento sino que se introducen donde el texto lo menciona para así facilitar el seguimiento de los cálculos y conclusiones. En el momento que se requiere de un anexo se transcribe en el lugar donde se menciona.

Se indica en recuadros sombreados en gris los comentarios y cálculos referentes a el caso concreto del edificio de oficinas objeto del presente proyecto.

K.2 CTE-DB/SI en fachadas de edificios de oficinas

Terminología

Altura de evacuación: Máxima diferencia de cotas entre un *origen de evacuación* y la *salida de edificio* que le corresponda. A efectos de determinar la *altura de evacuación* de un edificio no se consideran las plantas más altas del edificio en las que únicamente existan *zonas de ocupación nula*.

Carga de fuego: Suma de las energías caloríficas que se liberan en la combustión de todos los materiales combustibles existentes en un espacio (contenidos del edificio y elementos constructivos) (UNE-EN 1991-1-2:2004).

Espacio exterior seguro: Es aquel en el que se puede dar por finalizada la evacuación de los ocupantes del edificio, debido a que cumple las siguientes condiciones:



1 Permite la dispersión de los ocupantes que abandonan el edificio, en condiciones de seguridad.

2 Se puede considerar que dicha condición se cumple cuando el espacio exterior tiene, delante de cada *salida de edificio* que comunique con él, una superficie de al menos $0,5P \text{ m}^2$ dentro de la zona delimitada con un radio $0,1P \text{ m}$ de distancia desde la *salida de edificio*, siendo P el número de ocupantes cuya evacuación esté prevista por dicha *salida*. Cuando P no exceda de 50 personas no es necesario comprobar dicha condición.

3 Si el espacio considerado no está comunicado con la red viaria o con otros espacios abiertos no puede considerarse ninguna zona situada a menos de 15 m de cualquier parte del edificio, excepto cuando esté dividido en *sectores de incendio* estructuralmente independientes entre sí y con salidas también independientes al espacio exterior, en cuyo caso dicha distancia se podrá aplicar únicamente respecto del *sector* afectado por un posible incendio.

4 Permite una amplia disipación del calor, del humo y de los gases producidos por el incendio.

5 Permite el acceso de los efectivos de bomberos y de los medios de ayuda a los ocupantes que, en cada caso, se consideren necesarios.

6 La cubierta de un edificio se puede considerar como *espacio exterior seguro* siempre que, además de cumplir las condiciones anteriores, su estructura sea totalmente independiente de la del edificio con salida a dicho espacio y un incendio no pueda afectar simultáneamente a ambos.

Reacción al fuego: Respuesta de un material al fuego medida en términos de su contribución al desarrollo del mismo con su propia combustión, bajo condiciones específicas de ensayo (DPC - DI2).

Resistencia al fuego: Capacidad de un elemento de construcción para mantener durante un período de tiempo determinado la función portante que le sea exigible, así como la



integridad y/o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente (DPC - DI2)

Sector de incendio: Espacio de un edificio separado de otras zonas del mismo por elementos constructivos delimitadores resistentes al fuego durante un período de tiempo determinado, en el interior del cual se puede confinar (o excluir) el incendio para que no se pueda propagar a (o desde) otra parte del edificio. (DPC - DI2). Los locales de riesgo especial no se consideran sectores de incendio.

Uso Administrativo: Edificio, *establecimiento* o zona en el que se desarrollan actividades de gestión o de servicios en cualquiera de sus modalidades, como por ejemplo, centros de la administración pública, bancos, despachos profesionales, oficinas, etc.

También se consideran de este uso los *establecimientos* destinados a otras actividades, cuando sus características constructivas y funcionales, el riesgo derivado de la actividad y las características de los ocupantes se puedan asimilar a este uso mejor que a cualquier otro. Como ejemplo de dicha asimilación pueden citarse los consultorios, los centros de análisis clínicos, los ambulatorios, los centros docentes en régimen de seminario, etc.

SI 2 Propagación exterior

1 Medianerías y fachadas

2 Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de la fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas o hacia una escalera protegida o pasillo protegido desde otras zonas, los puntos de sus fachadas que no sean al menos EI 60 deben estar separados la distancia d en proyección horizontal que se indica a continuación, como mínimo, en función del ángulo α formado por los planos exteriores de dichas fachadas (véase figura 1.1). Para valores intermedios del ángulo α , la distancia d puede obtenerse por interpolación lineal.

Cuando se trate de edificios diferentes y colindantes, los puntos de la fachada del edificio considerado que no sean al menos EI 60 cumplirán el 50% de la distancia d hasta la bisectriz del ángulo formado por ambas fachadas.



α	0° ⁽¹⁾	45°	60°	90°	135°	180°
d (m)	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50

⁽¹⁾ Refleja el caso de fachadas enfrentadas paralelas

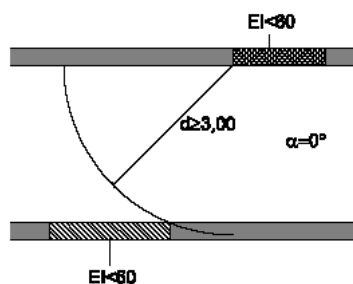


Figura 1.1. Fachadas enfrentadas

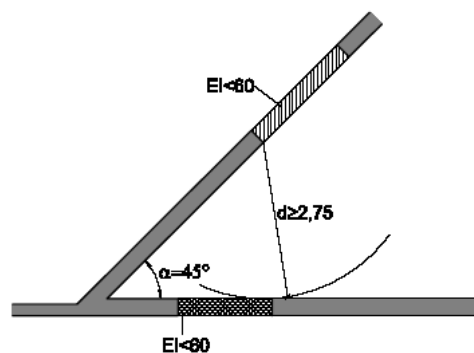


Figura 1.2. Fachadas a 45°

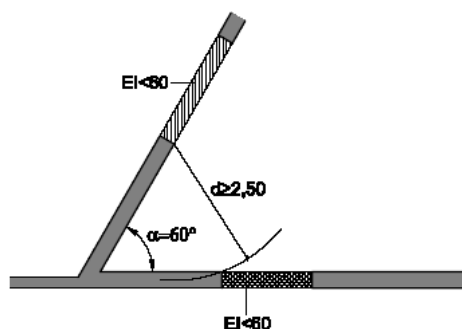


Figura 1.3. Fachadas a 60°

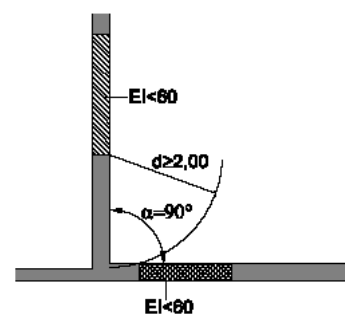


Figura 1.4. Fachadas a 90°

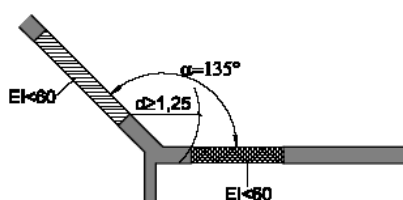


Figura 1.5. Fachadas a 135°

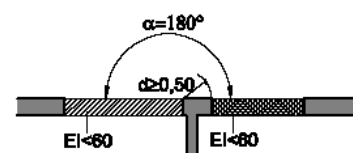


Figura 1.6. Fachadas a 180°

3 Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, o bien hacia una escalera protegida o hacia un pasillo protegido desde otras zonas, dicha fachada debe ser al menos EI 60 en una franja de 1 m de altura, como mínimo, medida sobre el plano de la fachada (véase figura 1.7). En caso de existir elementos salientes aptos



para impedir el paso de las llamas, la altura de dicha franja podrá reducirse en la dimensión del citado saliente (véase figura 1.8).

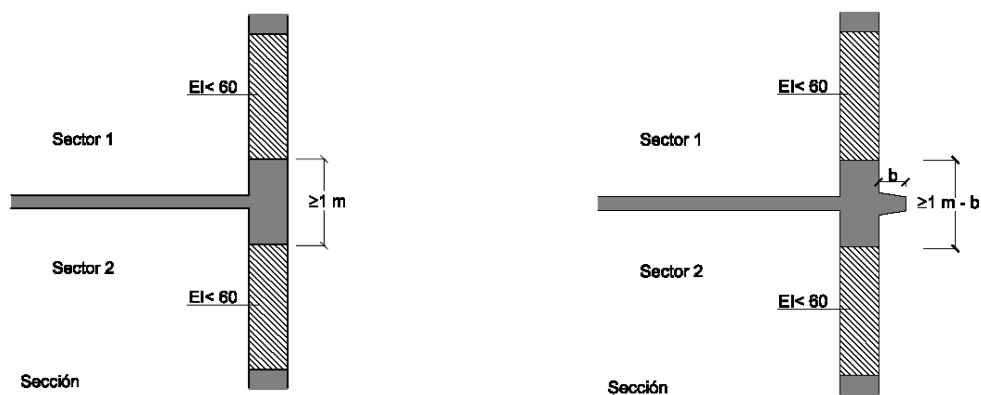


Figura 1.7 Encuentro forjado-fachada Figura 1. 8 Encuentro forjado- fachada con saliente

4 La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3,d2 hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda de 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque.

SI 5 Intervención de los bomberos

1 Condiciones de aproximación y entorno (I)

1.1 Aproximación a los edificios

1 Los viales de aproximación de los vehículos de los bomberos a los espacios de maniobra a los que se refiere el apartado 1.2, deben cumplir las condiciones siguientes:

- a) anchura mínima libre 3,5 m;
- b) altura mínima libre o gálibo 4,5 m;
- c) capacidad portante del vial 20 kN/m².



2 En los tramos curvos, el carril de rodadura debe quedar delimitado por la traza de una corona circular cuyos radios mínimos deben ser 5,30 m y 12,50 m, con una anchura libre para circulación de 7,20 m.

1.2 Entorno de los edificios

1 Los edificios con una *altura de evacuación* descendente mayor que 9 m deben disponer de un espacio de maniobra para los bomberos que cumpla las siguientes condiciones a lo largo de las fachadas en las que estén situados los accesos, o bien al interior del edificio, o bien al espacio abierto interior en el que se encuentren aquellos:

- a) anchura mínima libre 5 m;
- b) altura libre la del edificio
- c) separación máxima del vehículo de bomberos a la fachada del edificio
 - edificios de hasta 15 m de *altura de evacuación* 23 m
 - edificios de más de 15 m y hasta 20 m de *altura de evacuación* 18 m
 - edificios de más de 20 m de *altura de evacuación* 10 m;
- d) distancia máxima hasta los accesos al edificio necesarios para poder llegar hasta todas sus zonas 30 m;
- e) pendiente máxima 10%;
- f) resistencia al punzonamiento del suelo 100 kN sobre 20 cm Ø.

2 La condición referida al punzonamiento debe cumplirse en las tapas de registro de las canalizaciones de servicios públicos situadas en ese espacio, cuando sus dimensiones fueran mayores que 0,15m x 0,15m, debiendo ceñirse a las especificaciones de la norma UNE-EN 124:1995.

3 El espacio de maniobra debe mantenerse libre de mobiliario urbano, arbolado, jardines, mojones u otros obstáculos. De igual forma, donde se prevea el acceso a una fachada con



escaleras o plataformas hidráulicas, se evitarán elementos tales como cables eléctricos aéreos o ramas de árboles que puedan interferir con las escaleras, etc.

4 En el caso de que el edificio esté equipado con columna seca debe haber acceso para un equipo de bombeo a menos de 18 m de cada punto de conexión a ella. El punto de conexión será visible desde el camión de bombeo.

2 Accesibilidad por fachada

1 Las fachadas a las que se hace referencia en el apartado 1.2 deben disponer de huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal del servicio de extinción de incendios. Dichos huecos deben cumplir las condiciones siguientes:

- a) Facilitar el acceso a cada una de las plantas del edificio, de forma que la altura del alféizar respecto del nivel de la planta a la que accede no sea mayor que 1,20 m;
- b) Sus dimensiones horizontal y vertical deben ser, al menos, 0,80 m y 1,20 m respectivamente. La distancia máxima entre los ejes verticales de dos huecos consecutivos no debe exceder de 25 m, medida sobre la fachada;
- c) No se deben instalar en fachada elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio a través de dichos huecos, a excepción de los elementos de seguridad situados en los huecos de las plantas cuya altura de evacuación no exceda de 9 m.



